

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

§ 5.4. Выбор источников света

К источникам света массового применения относятся лампы накаливания общего применения и галогенные; люминесцентные, газоразрядные высокого давления типа ДРЛ, МГЛ, НЛВД, ДКСТ и низкого типа НЛНД.

Несмотря на широкое внедрение газоразрядных источников света, лампы накаливания имеют еще большое применение, особенно для освещения жилых зданий.

Положительными характеристиками ламп накаливания являются: широкий ассортимент изготавливаемых изделий по мощности, напряжению (12, 36, 42, 127, 220 В и т. д.), назначению (общего применения, прожекторные, транспортные, местного освещения и др.), малая зависимость их работы от окружающей среды (температуры, влажности и т. д.), простота в эксплуатации, компактность, незначительное снижение светового потока в процессе срока службы (около 15% к концу срока службы), сравнительно малая стоимость.

Основными недостатками ламп накаливания являются: низкая световая отдача (12—15 лм/Вт для ламп малой мощности 100—300 Вт и 16—20 лм/Вт для ламп мощностью от 500 до 1500 Вт), ограниченный срок службы (в основном в пределах 1000 ч и только для отдельных типов достигает 1500 ч).

В осветительных установках общего освещения различного назначения широко применяются трубчатые люминесцентные лампы низкого давления.

Их достоинство заключается в высокой световой отдаче, которая для некоторых типов достигает 75 лм/Вт. В СССР разработаны трехполосные люминесцентные лампы, световая отдача которых достигает 90 лм/Вт.

Срок службы этих источников света 10 000 ч, у отдельных типов — 15 000 ч. Относительно малая яркость этих ламп (наибольшее значение составляет 10 000 кд/м²) позволяет создать комфортные условия (по ограничению слепящего действия), что особенно важно для помещений, в которых производится напряженная зрительная работа. Различные типы люминесцентных ламп имеют разный спектральный состав и обеспечивают широкий диапазон требований к цветности излучения. Они обладают лучшей цветопередачей, чем у всех остальных источников света, включая лампы накаливания.

К основным недостаткам этих источников света относятся: относительно сложная по сравнению с лампами накаливания схема включения, ограниченные одиночные мощности, большие размеры источников света для таких мощностей, зависимость световых характеристик от температуры окружающей световой среды (резкое снижение световой отдачи ламп при отклонении от 18—25°C). Зажигание люминесцентных ламп гарантируется только при температуре окружающей среды +5°C и выше. У них наблюдается значительное снижение светового потока в процессе

регламентированного срока службы (на 46% к концу срока службы). Они обладают пульсацией светового потока при питании осветительной установки током промышленной частоты 50 Гц, для устранения и уменьшения которой необходимо применять определенные схемы включения при совокупном действии нескольких ламп.

Лампы ДРЛ имеют высокую световую отдачу (55 лм/Вт), большой срок службы (10 000 ч), компактность и практически независимы от температуры окружающей среды (кроме особо низких). К недостаткам ламп следует отнести: преобладание в их излучении сине-зеленой части спектра, ведущее к неудовлетворительной цветопередаче, что исключает возможность применения этих ламп при работе с цветными объектами. Эти лампы работают только на переменном токе, включаются в сеть через балластный дроссель и имеют длительное время разгорания (7 мин), повторное включение после кратковременного перерыва питания лампы возможно лишь после ее остывания (10 мин). У них наблюдается резкое снижение светового потока в процессе использования, пульсация светового потока значительно большая, чем у люминесцентных ламп.

В СССР начался массовый выпуск металлогалогенных ламп типа МГЛ. Они имеют более высокую световую отдачу (до 100 лм/Вт) и лучшие цветовые характеристики излучения по сравнению с лампами ДРЛ. Однако у ламп МГЛ значительно меньше срок службы (1000—5000 ч) и более сложная аппаратура для зажигания (кроме балластного дросселя необходимо специальное поджигающее устройство).

Лампы ДКСТ обладают большой единичной мощностью 5—50 кВт и имеют световую отдачу 20—45 лм/Вт, характеризуются сроком службы 300—700 ч. Из всех выпускаемых промышленностью источников света они наиболее близки по спектральному составу к естественному свету.

Недостатком этих источников света являются большие пульсации светового потока и избыток ультрафиолета в их излучениях, что при освещенности, создаваемой ими порядка 150 лк, приводит к переоблученности ультрафиолетом. Сложность и малая надежность работы их зажигающего устройства являются серьезным недостатком этих источников света, хотя для горения лампы балласт и не требуется.

Ламповая промышленность приступила к изготовлению натриевых ламп высокого давления типа НЛВД. Эти источники света имеют значительное преимущество перед другими газоразрядными лампами; более высокая световая отдача, составляющая 110—130 лм/Вт, и срок службы более 20 000 ч.

Изготовленные за рубежом натриевые лампы низкого давления типа НЛНД имеют световую отдачу того же порядка, однако срок службы их значительно ниже, чем у НЛВД.

Оба типа натриевых ламп (НЛВД и НЛНД) не рекомендуется использовать при повышенных требованиях к цветопередаче

и цветоразличению. Согласно требованиям СНиП II-4—79 газоразрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные, ДРЛ с исправленной цветностью, металлогалогенные, натриевые, ксеноновые) следует применять в установках промышленного освещения в помещениях и вне зданий.

Однако, несмотря на высокую световую отдачу и большой срок службы, газоразрядные лампы высокого давления не обеспечивают удовлетворительной цветопередачи и могут быть рекомендованы для освещения там, где отсутствуют эти требования: например, цехи металлургических и машиностроительных заводов, большинство цехов заводов промышленности строительных материалов и т. д., особенно цехов большой высоты, в которых возникают трудности, связанные с обслуживанием светильников. В таких случаях применение ламп большой единичной мощности, с высокой светотдачей и большим сроком службы позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы на осветительную установку.

Удовлетворительная работа ламп ДРЛ, МГЛ, НЛВД и ДкСТ при низких температурах окружающей среды позволила расширить область их применения для освещения мест производства работ вне зданий (строительные площадки, открытые карьеры по добыче полезных ископаемых и строительных материалов и т. д.), открытых складов, фабрично-заводских территорий, улиц и площадей городов и населенных пунктов.

Достоинства люминесцентных ламп не вызывают сомнения при освещении рабочих операций, связанных: с контролем цвета при высоких требованиях к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, сортировка кожи, кабинеты врачей и т. п.) — лампы ЛДЦ, ЛХЕ, ЛДЦ УФ; с сопоставлением цветов и высокими требованиями к цветоразличению (раскрой верха обуви, контроль сырья на швейных фабриках, окраска машин, и т. д.) — ЛДЦ, ЛБЦТ, ЛДЦ УФ, ЛХЕ; с различением цветных объектов без контроля и сопоставления (сборка электронных приборов, радиоаппаратуры, намотка проводов, переплетные цехи и т. д.) — лампы ЛБ, МГЛ.

Несмотря на то что приведенные затраты для установок с люминесцентными лампами обычно выше приведенных затрат для установок с лампами накаливания, применение люминесцентных ламп следует рекомендовать: в производственных помещениях, где работа связана с большим и длительным напряжением зрения или в помещениях, где необходимо создать особо благоприятные условия для зрения находящихся в них людей (контрольно-браковочные операции всех производств, основные цехи электронной и радиоэлектронной промышленности, точного приборостроения и т. п.); в производственных помещениях без естественного света или с недостаточным по нормам естественным светом, если они предназначены для длительного пребывания людей.

В общественных, административных и подобных им зданиях из числа газоразрядных ламп должны применяться только люми-

несцентные. Бесспорна необходимость их применения (а не ламп накаливания) в конторских, чертежных, учебных и других помещениях; в помещениях, где целесообразность люминесцентного освещения обусловлена архитектурно-художественными соображениями (музеи, выставочные павильоны, картинные галереи).

Для общего освещения производственных помещений распространены люминесцентные лампы типа ЛБ, как обладающие наиболее высокой световой отдачей.

В высоких цехах (высотой более 8 м) при работе с хроматическими объектами применяются лампы МГЛ, ДРЛ, за рубежом — лампы высокого давления типа НЛВД, в наружных осветительных установках — мощные галогенные лампы накаливания; ксеноновые типа ДКСТ, ДРЛ, НЛВД и т. д.

Лампы накаливания допускается применять при технической невозможности использования газоразрядных ламп, а также в помещениях специального назначения, где этого требует архитектурное решение.

Работы в области источников света направлены на улучшение их параметров, а также на разработку новых высокоэффективных ламп. Общее развитие источников подчинено требованию экономии электроэнергии, реализуемому путем повышения световой отдачи, увеличения срока службы, снижения материалоемкости и улучшения спектральных характеристик. При этом качество источников света предлагается оценивать в зависимости от их свойств, условно разделяемых на две группы. Свойство *первой группы* определяет качество генерируемой световой энергии. Это цветовая температура, индекс цветопередачи, коэффициент пульсации и стоимость 1 лм·ч. *Ко второй группе* относятся фотометрические, электрические, механические, термические, акустические, инерционные и технологические свойства. При выборе источников света решающим является показатель стоимости световой энергии, определяемый с учетом потерь светового потока в осветительных установках.

§ 5.5. Выбор системы освещения

При проектировании осветительных установок всегда стоит вопрос о выборе системы освещения: общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (к общему освещению добавляется местное). Система общего освещения предназначена не только для освещения рабочих поверхностей, но и всего помещения, в связи с чем светильники общего освещения обычно размещают на потолке или в непосредственной близости от него, на достаточно большом расстоянии от рабочих поверхностей.

В системе общего равномерного освещения расположение светильников равномерно по помещению: расстояния между светильниками, а также расстояние между их рядами выдерживаются неизменными.

Равномерное размещение светильников обычно применяется при равномерном размещении оборудования по помещению, а следовательно, и при равномерном расположении в нем рабочих мест.

Система общего равномерного освещения рекомендуется при: равномерной высокой плотности расположения оборудования в помещении, если это оборудование не создает теней на рабочих поверхностях и не требуется изменение направления света (механосборочные цехи); выполнении однотипной работы по всей площади помещения (литейные цехи); выполнении работ V—VIII разрядов СНиПа, а также во вспомогательных и складских помещениях.

Система общего равномерного освещения применяется для освещения мест производства работ вне зданий. Локализованное освещение используют для освещения тех мест работ, которые нуждаются в повышенной освещенности по сравнению с уровнями освещенности всей территории.

При общем локализованном освещении светильники размещают применительно к расположению оборудования, что позволяет создать желательное направление светового потока на рабочие поверхности и устранить падающие тени от близко расположенного оборудования или самого рабочего.

Локализованное расположение светильников применяется при использовании в технологии производства сборочных конвейеров: сборке радиоизделий, швейном конвейере, сборке автомобилей и т. п.

Система общего локализованного освещения применяется при: сосредоточенном на отдельных участках расположении рабочих мест; выполнении в одном помещении работ различной точности, требующих разных уровней освещенности, наличии отдельных рабочих поверхностей больших размеров, требующих высоких уровней освещенности и ограничения яркости выходного отверстия осветительных устройств (разметочные плиты).

При локализованном освещении по сравнению с равномерным значительно снижается удельная установленная мощность и создается более благоприятное распределение светового потока на рабочих поверхностях. К недостаткам локализованного освещения следует отнести более неравномерное распределение яркости в поле зрения по сравнению с равномерным освещением и некоторое усложнение прокладки электрической осветительной сети.

При системе комбинированного освещения к общему освещению добавляется местное. Светильник местного освещения располагается непосредственно у рабочего места и освещает только лишь рабочую поверхность. Общее освещение в этой системе используется для выравнивания распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности по проходам помещения. При системе комбинированного освещения установленная мощность значительно меньше мощности одного общего освещения, особенно при высоких значениях нормированной освещенности, поэтому расход энергии при системе комбинированного освещения ниже, чем при общем.

Так как светильники местного освещения располагаются у рабочих мест, их эксплуатация, смена перегоревших ламп, чистка и текущий ремонт упрощаются, а эксплуатационные расходы, определяемые в основном расходом электроэнергии, обычно меньше при системе комбинированного освещения. Кроме того, непроизводительный расход электроэнергии можно снизить и за счет отключения местного освещения на тех рабочих местах, на которых в данный момент работа не производится.

Одним из достоинств системы комбинированного освещения является возможность регулирования в широких пределах направления светового потока, излучаемого светильником местного освещения.

Увеличение неравномерности распределения яркости в поле зрения из-за наличия пятен повышенной яркости на рабочих местах, создаваемых светильниками местного освещения, при выполнении требований СНиПа по соотношению уровней освещенности, создаваемых общим и местным освещением, не оказывает отрицательного влияния на видимость и работоспособность зрения.

На основании анализа достоинств и недостатков систем освещения можно заключить, что систему комбинированного освещения следует применять: при выполнении в помещениях работ I—IV разрядов, за исключением тех случаев, когда устройство местного освещения технически невозможно или нецелесообразно; при наличии в помещениях громоздкого оборудования, создающего глубокие и резкие тени на рабочей поверхности в условиях использования общего освещения; при необходимости изменения направления светового потока в ходе выполнения технологического процесса; при использовании источника света со спектральным составом, позволяющим повысить контраст объекта различения с фоном, а следовательно, и значительно улучшить условия работы зрения.

§ 5.6. Выбор освещенности, коэффициента запаса и типа светильника

Определение уровня освещенности согласно требованиям СНиПа подробно изложено в гл. 2. Выбор освещенности в практических условиях упрощается наличием отраслевых норм, в которых приводятся значения освещенностей для основных производственных операций рассматриваемой отрасли промышленности.

При проектировании осветительной установки в расчет вводится коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока источника света вследствие его старения, а также снижение к. п. д. светильника в результате загрязнения ламп, осветительной арматуры и ограждающих поверхностей освещаемого помещения.

Большее значение коэффициентов запаса при использовании газоразрядных ламп по сравнению с лампами накаливания при тех же условиях эксплуатации объясняется большим снижением светового потока у газоразрядных ламп к концу службы, чем у ламп накаливания.

Экономичность, качество и удобство эксплуатации осветительной установки зависят от выбора светильников. Экономичность и качество освещения определяются их светотехническими характеристиками, надежностью и эксплуатационные требования — конструктивным исполнением.

Необоснованный выбор светильника может привести к значительному удорожанию осветительной установки, увеличению установленной мощности. Несоответствие конструктивного исполнения светильника условиям окружающей среды снижает надежность и долговечность осветительной установки, а также может явиться причиной пожара и взрыва. Выбор светильника определяется светотехнической характеристикой светильника, характером окружающей среды, экономичностью установки.

Основное назначение светильников заключается в перераспределении светового потока источников света в требуемых для осветительных установок направлениях и защите ламп, оптических элементов и электрических аппаратов светильников от воздействия окружающей среды.

Светораспределение светильника является основной характеристикой, определяющей светотехническую эффективность применения светильника в заданных условиях. Его нужно выбирать с учетом необходимости обеспечения максимально возможной экономичности установок и создания нормированных значений освещенности при высоком качестве освещения.

Светораспределение светильников характеризуется классами и типами кривых сил света, обусловленными ГОСТ 17677—82 (светильники, виды и обозначения):

Светильники разделяются на классы по светораспределению в зависимости от доли светового потока, излучаемого в нижнюю полусферу, к общему потоку светильников (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Классы светильников по светораспределению		
обо значение	наименование	доля светового потока, направленного в нижнюю полусферу, от всего потока светильника
П	Светильники прямого света	$\Phi_{\omega}/\Phi_{\text{св}} > 80$
Н	Светильники преимущественно прямого света	$60 < \Phi_{\omega}/\Phi_{\text{св}} \leq 80$
Р	Светильники рассеянного света	$40 < \Phi_{\omega}/\Phi_{\text{св}} \leq 60$
В	Светильники преимущественно отраженного света	$20 < \Phi_{\omega}/\Phi_{\text{св}} \leq 40$
О	Светильники отраженного света	$\Phi_{\omega}/\Phi_{\text{св}} \leq 20$

Этот же ГОСТ устанавливает 7 типовых кривых силы света (рис. 5.4): концентрированная (К), глубокая (Г), косинусная (Д), полуширокая (Л), широкая (Ш), равномерная (М), синусная (С). Основным признаком, определяющим тип кривой, является отношение максимальной силы света светильника к средней арифметической для данной плоскости. В табл. 5.6 указана зона направлений максимальной силы света.

Таблица 5.6

Обозначение типа кривой силы света согласно рис. 5.4	Тип кривой силы света	Зона направлений максимальной силы света, град
К	Концентрированная	0—15
Г	Глубокая	0—30; 120—150
Д	Косинусная	0—35; 180—145
Л	Полуширокая	35—55; 145—125
Ш	Широкая	55—85; 125—95
М	Равномерная	0—90; 180—90
С	Синусная	70—90; 110—00

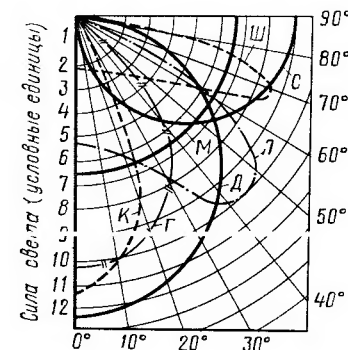


Рис. 5.4. Типовые кривые силы света по ГОСТ 17677—82

Тип кривой силы света можно указывать для любой из полусфер и меридиональных плоскостей. Если полусфера и плоскость не указаны, то подразумевается нижняя полусфера и круглосимметричное светораспределение, а для светильников с двумя плоскостями симметрии — поперечная плоскость.

В помещениях производственных зданий, в которых рабочая поверхность в основном расположена в горизонтальной плоскости при общем равномерном освещении, а ограждающие поверхности имеют низкий коэффициент отражения (например, стены с большими площадями остекления и с ферменными перекрытиями на потолке), целесообразны светильники прямого света (класс П по табл. 5.5). В таких условиях светильники прямого света, излучая световой поток вниз на рабочие поверхности, гарантируют минимальные потери и максимальное использование светового потока источников света. При этом чем выше освещаемое помещение и больше нормированная освещенность, тем более концентрированным светораспределением должен обладать светильник. Так, при большой высоте помещения (8 м и более) и нормируемой освещенности 200 лк и более следует выбирать светильники с кривыми силы света К или Г (см. табл. 5.6).

В помещениях меньшей высоты, имеющих светлые потолки и стены, рекомендуется применять светильники преимущественно прямого света класса Н с кривой Г (см. табл. 5.5 и 5.6).

При малых высотах помещения и нормированных уровнях освещенности преимущество остается за светильниками, имеющими кривую светораспределения типа Д.

Для увеличения соотношения между вертикальной и горизонтальной освещенностями следует светильники с типовыми кривыми К заменить на светильники с типовыми кривыми Г; Г на Д, а последние в ряде случаев — светильниками с кривыми Л.

При небольшой высоте помещения и произвольно ориентированном расположении рабочих поверхностей в разных наклонных и вертикальных плоскостях используют светильники рассеянного света (класса Р), с полуширокой (Л) или равномерной (М) кривыми силы света.

В некоторых производственных помещениях характер зрительных работ требует создания достаточных освещенностей как в горизонтальной, так и произвольно ориентированных наклонных и вертикальных плоскостях. При выборе светораспределения светильников для таких помещений необходимо учитывать, что отношение вертикальной освещенности к горизонтальной минимально при кривой типа К, увеличивается при кривых типа Г и Д и является наиболее благоприятным для кривых М и Л.

При освещении вертикальных поверхностей, расположенных по одну сторону от ряда светильников, следует выбирать светильники специального одностороннего светораспределения (типа косо-света) или устанавливать в наклонном положении светильники с кривыми силы света Г или Д. Для параллельно расположенных рядами вертикальных рабочих поверхностей рекомендуется использовать светильники с кривыми силы света типа М и Л, располагая их по центру между рядами.

При освещении рабочих мест, работы на которых связаны с различением блестящих поверхностей или объектов на них, не исключена возможность возникновения отраженных бликов большой яркости по направлению к глазу рабочего, что часто нельзя устранить выбором расположения светильников. В таких случаях необходимо использовать светильники с рассеивателями, а в помещениях небольшой высоты — также светильники с кривой типа Л.

При всех условиях выбранные светильники, характеризующиеся защитными углами, наличием экранирующих решеток или рассеивателей, должны обеспечивать установленные СНиПом требования по ограничению слепящего действия. По условиям этого ограничения не рекомендуется применение прожекторов внутри здания, их можно использовать только в исключительных случаях для усиления освещения отдельных поверхностей и при таком расположении, когда их светящие части не попадают в поле зрения работающих.

Для административно-канторских и лабораторных помещений

применяют светильники светораспределения класса Н. Светильники преимущественно отраженного света (класса В) и отраженного (класса О) в производственных зданиях не применяются.

Светильники преимущественно отраженного света посылают значительную часть светового потока на потолок и стены помещения, а светильники отраженного света направляют почти весь световой поток на потолок и в верхнюю часть стен, неэкономичны в производственных условиях и в особенности в помещениях с низкими коэффициентами отражения стен и потолка. Их используют в установках архитектурного освещения общественных зданий, где предъявляются особые требования к распределению яркости в поле зрения.

В производственных помещениях и в помещениях общественных зданий, в которых выполняется работа (административно-канторские, помещения машинописных бюро, учебных зданий и т. д.), не рекомендуется применять следующие средства архитектурно-художественного освещения: световые карнизы, ниши, полосы, купола, люстры и т. п. Как исключение допускается при особо высоких требованиях к качеству освещения устройство в помещениях световых потолков, перекрытых рассеивателями или экранирующими решетками, а также применение отраженного света. Для внутреннего освещения практически не применяются светильники с кривой светораспределения Ш (табл. 5.6), которые целесообразны только для наружного освещения.

Расход электроэнергии при сопоставлении светильников с разными кривыми сил света будет наименьшим при максимальном значении произведения коэффициента использования светового потока для данного помещения на световую отдачу применяемого источника света.

Условия среды освещаемого помещения определяют в основном конструктивное исполнение светильника. Конструктивное исполнение светильников должно обеспечивать их пожаро-, электро- и взрывобезопасность, надежность, долговечность работы, стабильность светотехнических характеристик, удобство монтажа и обслуживания.

В нормальных сухих и влажных помещениях допускается применение всех типов незащищенных светильников. В сырых помещениях допускается применение незащищенных светильников, но при условии выполнения корпуса патрона из изоляционных и влагостойких материалов.

На основании ГОСТ 16703—71, 17677—82 и 14254—69 разработана классификация светильников по защите от воздействия пыли и воды окружающей среды, оказывающих влияние на надежность, электро- и пожаробезопасность. Экономичность светильников определяется минимумом приведенных затрат. Учитывая сложность расчетов этого показателя и возможность с некоторыми допущениями упростить обоснование по выбору светильников, С. А. Ключевым был предложен новый критерий экономической эффективности светильника — энергетическая экономичность,

которая определяется отношением минимальной освещенности на расчетной плоскости к удельной мощности:

$$\mathcal{E}_3 = E_{\min} / p, \quad (5.12)$$

где $E_{\min}$ — минимальная освещенность на расчетной плоскости; p — удельная мощность, равная отношению установленной мощности ламп к площади освещаемого помещения.

Как следует из уравнения (5.12), максимальное значение $\mathcal{E}_3$ возможно только при уменьшении удельной установленной мощности источников света, необходимой для обеспечения требуемой освещенности, т. е. меньшее значение удельной установленной мощности при заданном значении освещенности характеризуется повышением эффективности установки с энергетической точки зрения.

Г. М. Кнорринг предложил энергетическую экономичность определять произведением Ekh_p^2 , где E — норма освещенности; k — коэффициент запаса; h_p — высота подвеса светильников над рабочей поверхностью. Это позволило указать с экономической точки зрения области наиболее рационального использования различных типов светильников (табл. 5.7), где приведены наименьшие и наибольшие значения Ekh_p^2 для некоторых типов светильников, соответствующие наибольшей и наименьшей мощностям ламп в этих светильниках.

Таблица 5.7

Наименование или тип светильника	Применяется с лампами мощностью, Вт	E_{kh}^2 при лампе	
		наименьшей мощности	наибольшей мощности
При лампах накаливания			
Универсаль (У)	100—500	150	1 800
Универсаль уплотненный (УПМ)	300—500	650	1 800
Глубокоизлучатель (Гс)	300—1500	2 500	15 000
Глубокоизлучатель уплотненный ГСУ	300—1000	2 500	15 000
При лампах ДРЛ			
Светильник диффузный СД ДРЛ	250—1000	2 500	14 000
«Глубокоизлучатель» зеркальный	500—1000	18 000	27 000
«Глубокоизлучатель» со средней концентрацией потока	250—750	4 000	17 000

Если полученное значение Ekh_p^2 меньше нижнего предела для данного светильника, то применять его не следует. При реальных значениях Ekh_p^2 больше значений, определяемых верхним

пределом для данного светильника, применение его может быть допущено, если отсутствуют другие более экономические светильники.

§ 5.7. Размещение осветительных приборов

При локализованном освещении расположение светильника должно определяться в каждом конкретном случае индивидуально на основе подробного изучения характера зрительных задач при выполнении технологического процесса производства и конструктивных особенностей оборудования.

Равномерное размещение светильников предназначается для равномерного распределения освещенности по освещаемому помещению. При этом любое превышение освещенности в отдельных точках помещения ухудшит экономические показатели осветительных установок. Так как осветительная установка должна обеспечить норму освещенности на всех рабочих поверхностях, то потребляемая электроэнергия будет минимальной при равномерном распределении освещенности.

Распределение освещенности по освещаемым поверхностям определяется кривой светораспределения светильника, а также относительным расстоянием между светильниками, которое определяется отношением расстояния между светильниками к высоте подвеса над освещаемой поверхностью. В помещениях, где предусматривается общее равномерное освещение лампами накаливания, ДРЛ и МГЛ, светильники рекомендуется располагать по вершинам квадратных (рис. 5.5,а) или прямоугольных полей (рис. 5.5,б) с отношением большей стороны $\mathcal{L}$ к меньшей $\mathcal{L}_1$ не более чем 1 : 5 или по вершинам ромбических полей (рис. 5.5,в) с острыми углами при вершинах, близкими к 60°. При локализованном освещении желательно придерживаться этих же способов размещения светильников. При размещении светильников на фермах или светотехнических мостиках (рис. 5.5,е) рекомендуется сокращать число рядов светильников в пролетах производственных зданий. В зависимости от уровня освещенности светильники с люминесцентными лампами размещают сплошными рядами без разрывов (рис. 5.5,з) или с разрывами (рис. 5.5,д). В линиях с разрывами расстояние между концами светильников (рис. 5.5,д) не должно превышать половины высоты установки светильников над рабочей поверхностью (рис. 5.5,ж).

Ряды светильников целесообразно располагать параллельно стенам с окнами или рядам колонн помещения. Светильники с четырьмя люминесцентными лампами и более не обязательно размещать сплошными рядами или рядами с разрывами. Их можно располагать так же, как светильники с лампами накаливания и ДРЛ.

Относительное расстояние между светильниками, обеспечивающее при данной кривой силы света максимальную равномерность, не всегда соответствует наименьшей удельной мощности осветительной установки, т. е. наибольшей энергетической эконо-

мичности. Это для светильников с лампами накаливания объясняется тем, что с увеличением мощности ламп значительно увеличивается их световая отдача.

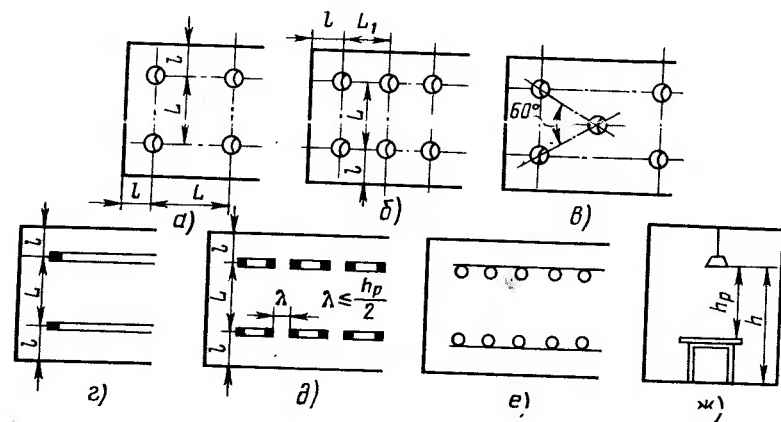


Рис. 5.5. Размещение светильников:

а, б, в — в плане при лампах накаливания и ДРЛ; г, д — в плане при люминесцентных лампах; е — сближенное размещение вдоль светотехнических мостиков; ж — в разрезе

Г. М. Кнорринг показал целесообразность некоторого увеличения расстояния между светильниками при одновременном увеличении мощности ламп, несмотря на нарушение равномерности распределения освещенности по освещаемой поверхности. Значения относительного расстояния $\mathcal{L}/h_p$ для некоторых стандартных светильников приведены в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Тип светильника	$\mathcal{L}/h_p$
Светильники с люминесцентными лампами	
ЛДР, ЛДОР, ОДР, ОДОР, ПВЛМ, ЛСПО2(10-18), ЛСПО6(7,15), ЛСПО2, УСГ, ЛВП	1,4—1,6
ЛСП13(001-002), ПУ-23	1,6—1,8
ПУ-25	0,9—1,0
ЛСП13(005-008)	0,6
Светильники с лампами ДРЛ	
УПДДРЛ, СД2ДРЛ, РСР08/Д, РСР05/Д, СД2РТС	1,4—1,6
С34ДРЛ, РСР05/Г, ГСП05/Г	0,9—1
РСР05/К, ГСП10/К	0,6
Светильники с лампами накаливания	
Гс, ГсУ, НСП17	0,9—1,0
Астра-1, 11, 12, (НСР01), ППД, УПД	1,4—1,6
С, СУ	1,6—1,8

В процессе проектирования допускаются некоторые отклонения в размещении светильников от данных, приведенных в табл. 5.7, если они связаны с необходимостью согласования со строительными решениями помещения (сеткой колонн, балками и т. д.), приближения расчетного светового потока к потоку стандартной лампы и т. п.

При значительной длине ряда светильников (длина ряда превышает высоту подвеса) наблюдается заметное снижение освещенности у его краев. Для устранения этого снижения освещенности рекомендуется удваивать число светильников на краях (рис. 5.6, а) или давать дополнительный ряд светильников, перпендикулярный основному (рис. 5.6, б).

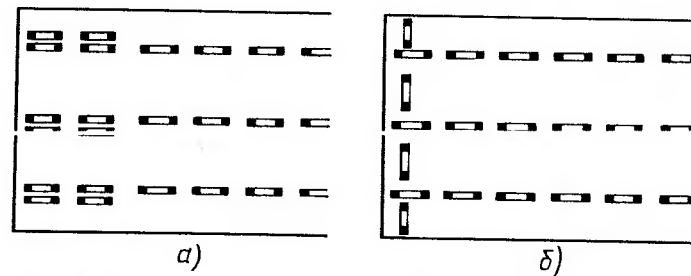


Рис. 5.6. Схема размещения светильников у краев ряда:

а — удвоенное число светильников на краю ряда; б — дополнительный поперечный ряд светильников

Расстояние до конца ряда, на котором необходимо удваивать число светильников, зависит от соотношения его длины и высоты подвеса светильников и составляет от 0,3 до 0,5 высоты подвеса светильника над освещаемой поверхностью.

При размещении светильников общего освещения необходимо регламентировать расстояние от крайнего ряда светильников до стен, зависящее от наличия рабочих поверхностей у стен помещения. При наличии их расстояние от крайнего ряда светильников до стены должно составлять 0,25—0,3 расстояния между светильниками. При отсутствии рабочих мест у стен это расстояние может быть увеличено до 0,4—0,5.

Наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками полностью определяет их размещение, так как высота подвеса светильников в практических условиях фактически обуславливается: высотой самих помещений и наличием в верхней зоне их частей производственного оборудования, транспортных средств и инженерных коммуникаций. К таким устройствам относятся различные подвесные конвейеры и транспортеры, мостовые краны, кранбалки, трубопроводы разного назначения и т. п.

Большое влияние на размещение светильников оказывают размещение и высота производственного оборудования. При выборе высоты расположения светильников следует учитывать удобство их монтажа, обслуживания, а также безопасный подход к ним.

Светильники, обслуживаемые со стремянок или приставных лестниц, не должны устанавливаться на высоте более 4,5—5 м, не следует располагать их над громоздким оборудованием.

В высоких производственных помещениях (литейные цехи, сборка электровозов) наличие кранов, перемещающихся вдоль пролетов цеха, предопределяет размещение светильников на уровне ферменных стяжек, что однозначно определяет высоту их подвеса.

В помещениях с невысоким оборудованием (ткацкие цехи, инструментальные и т. д.), высота которых обычно 3,5—5 м, нижний предел минимально допустимой высоты подвеса определяется требованиями ограничения ослепленности, а верхний — потолком помещения, поэтому интервал, в котором изменяется высота подвеса, имеет небольшое значение.

При размещении светильников рассеянного света необходимо обеспечить и условия, гарантирующие равномерность распределения яркости по потолку. Для большинства светильников это условие выполняется при расстоянии от потолка до светильника 0,2—0,25 высоты расположения потолка над рабочей поверхностью.

Светильники местного освещения располагают в непосредственной близости от рабочей поверхности. Поэтому основное требование к размещению светильника заключается в том, чтобы он не мешал выполнению технологической операции на рабочем месте.

Рекомендуется размещать светильники местного освещения на станине станка или других деталях и узлах его, незначительно подверженных вибрации. Не следует размещать светильники на кожухах, щитках или откидных крышках станков. Перед выбором места размещения необходимо изучить рабочее место и определить желательное направление светового потока на рабочую поверхность и пределы его перемещения. При возникновении затруднений, связанных с размещением светильника, следует проверить принятые решения на макете установки светильников.

§ 5.8. Эксплуатация осветительных установок

В процессе эксплуатации снижается эффективность осветительных установок. Это связано со старением ламп, снижением светового потока, загрязнением источника света и отражающих и рассеивающих поверхностей светильника, загрязнением ограждающих поверхностей помещения. Старение ламп с течением времени в процессе эксплуатации — неизбежный процесс, воздействовать на который в условиях работы осветительной установки невозможно. Потери светового потока, определяемые загрязнением источника света, светильника, а также поверхностей помещений, могут быть значительно снижены при хорошо организованной эксплуатации.

Требования к эксплуатации осветительных установок должны предусматривать: приемку в эксплуатацию осветительной установки; своевременную смену ламп и очистку ламп и светильников; планово-предупредительный осмотр и ремонт светильников; вос-

становление отражающих свойств ограждающих поверхностей помещения.

Приемка в эксплуатацию включает проверку соответствия принимаемой установки рабочим чертежам проекта и качества электромонтажных работ. Монтажная организация вместе с проектной документацией (с указанием изменений, которые были произведены в процессе осуществления установки) должна представить акты измерения сопротивления изоляции в сети. Они включают определение сопротивления изоляции между каждым проводом и землей, а также каждым двумя проводами. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 Ом на каждый вольт рабочего напряжения в сухих помещениях и 500 Ом в сетях наружного освещения. Проверяют также сопротивления заземлителей и заземляющих магистралей. Приемка осветительных установок производится в дневное, вечернее или в ночное время.

В дневное время проверяют размещение светильников и их соответствие проектной документации, размер сечений проводов и кабелей в осветительных сетях, качество выполнения монтажных работ и т. п.

В вечернее или ночное время проводится инструментальная и визуальная оценка освещения участков, отдельных рабочих мест, соответствие осветительной установки требованиям качественных показателей норм.

Особое внимание обращается на безопасность осветительной установки: заземление металлических частей осветительных приборов, аппаратуры управления и наличие на них защитных кожухов; подключение проводов к ламповому патрону (фазного к его внутреннему контакту, нулевого к наружной резьбе), отсутствие предохранителей на нулевых проводах и т. п.

Обеспечение требований норм в процессе эксплуатации осветительных установок зависит от качества ухода, т. е. своевременной замены источников света и содержания в чистоте осветительных приборов.

Применяются два метода замены ламп. 1. Индивидуальная замена перегоревших ламп — наиболее простой и часто применяемый метод при эксплуатации осветительных установок: лампы заменяются по мере их перегорания, независимо от того, сколько времени лампа проработала и какой световой поток у нее был в конце срока службы. Это приводит к тому, что лампы, используемые сверх срока службы, имеют пониженный световой поток и не обеспечивают нормы освещенности. Поэтому недостатком этого метода является длительное использование потерявших свою эффективность ламп и связанное с этим снижение освещенности, создаваемой осветительной установкой.

2. В практике эксплуатации осветительных установок в нашей стране и за рубежом получил широкое распространение более экономичный метод групповой замены ламп: лампы одного и того же типа, с одинаковым сроком службы заменяют через определенный промежуток времени, несмотря на то, что многие из них

продолжают гореть. Этот промежуток времени рекомендуется брать в пределах от 70 до 80% от номинального срока службы ламп.

Такой способ замены ламп исключает снижение освещенности. К достоинствам групповой замены ламп следует отнести: повышение эффективности осветительной установки в результате постоянного обеспечения нормы освещенности; большие возможности для организации работ по замене ламп и выполнение их в удобное время; сокращение затрат труда и времени.

Недостатком этого метода является использование большого количества ламп. Его можно сократить, применяя пригодные для дальнейшей эксплуатации лампы при освещении подсобных и вспомогательных помещений.

Замену ртутных газоразрядных ламп (люминесцентные лампы различных типов, ДРЛ, МГЛ и т. п.) следует выполнять так, чтобы из разбитых ламп в помещении не попала ртуть, которая вредно действует на организм человека.

Одной из наиболее трудоемких работ при эксплуатации осветительных установок является очистка от пыли и грязи источников света, а также отражающих, рассеивающих и других поверхностей и деталей светильников.

В действующих нормах по проектированию естественного и искусственного освещения регламентируются значения коэффициента запаса, вводимого при расчете осветительных установок, и соответствующие им сроки очистки светильников, которые зависят от количества пыли в помещении. В практике эксплуатации освещения производственных зданий условия среды таковы, что очистить отражатели и рассеиватели светильников от пыли и копоти без применения моющих средств практически невозможно. Современные установки часто включают десятки тысяч светильников. Для их обслуживания необходимы мастерские и специальное оборудование с применением моющих средств.

В последние годы разработаны, освоены и широко распространены светильники, имеющие легко снимаемые отражатели и рассеиватели, что позволяет снимать их и производить очистку в специальной мастерской.

Для правильной организации службы эксплуатации на предприятии необходимо иметь запас светильников и ламп, составляющий не менее 2% общего числа их, находящихся в эксплуатации. Это дает возможность своевременно менять светильники и лампы, вышедшие из строя, и ремонтировать их в удобных условиях мастерской.

Светотехнические мастерские должны иметь большое количество отдельных деталей, которые при эксплуатации выходят из строя и требуют замены: патроны и ламподержатели разной конструкции, клеммные зажимы, рассеиватели, отражатели, ПРА, провода внутренней коммуникации и т. д. Для испытания светильников и их деталей требуются специальные стенды. Необходимо иметь помещение для хранения ламп, светильников и другого электрооборудования.

Наличие приспособлений и устройств для обслуживания осветительных установок определяет в основном своевременную очистку осветительных приборов и смену ламп. Для этой цели в зависимости от высоты установки светильников могут использоваться приставные лестницы и стремянки, передвижные и самоходные телескопические и шарнирные вышки, мостики, которые являются составной частью строительной конструкции здания.

В производственных помещениях для обслуживания светильников можно использовать краны и кран-балки, а для обслуживания уличных светильников — автомашины с корзинкой или площадкой на раздвижной телескопической вышке.

Часто в помещениях производственных зданий с помощью спусковых устройств опускают один светильник или группу (рис. 5.7) до уровня 1—1,5 м от пола. Такие устройства рекомендуется применять в помещениях, где отсутствуют краны или высокое технологическое оборудование.

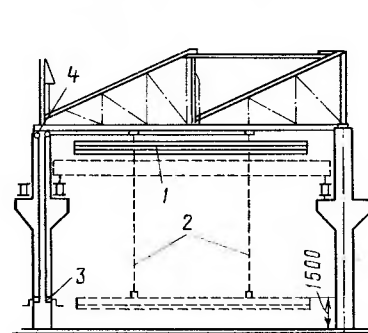


Рис. 5.7. Спускное устройство:
1 — конструкция со светильниками; 2 — трос;
3 — ручная лебедка; 4 — ролик

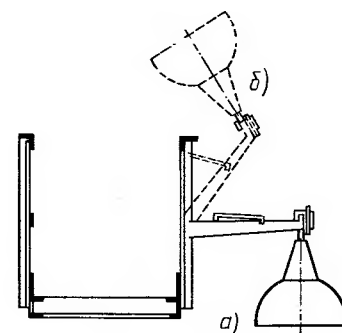


Рис. 5.8. Кронштейн КРП-М для установки светильников с лампами накаливания на ограждении цеховых мостиков:
а — рабочее положение; б — положение светильника для смены ламп

В высоких помещениях, не имеющих кранов, а также имеющих краны, полностью используемые для выполнения технологического процесса, для обслуживания светильников предусматриваются стационарные мостики, представляющие собой сварные металлические площадки шириной 0,7 м, протяженностью несколько сотен метров (рис. 5.8). Мостики имеют настил из листовой стали и ограждение высотой 1 м. Они обеспечивают удобный доступ к светильникам, уменьшают трудоемкость их обслуживания, повышают индустриализацию при монтаже. В связи с этим в последние годы во многих высоких цехах металлургических заводов сооружают стальные мостики, которые размещают обычно вдоль пролетов цехов над нижним поясом ферм (см. рис. 5.8). К перилам мостиков укрепляются светильники на поворотных кронштейнах.

§ 6.1. Выбор напряжения и источников питания

Для питания светильников общего освещения применяются электрические сети переменного тока напряжением: при заземленной нейтрали не выше 380/220 В, при изолированной не выше 220 В, при постоянном токе не больше 220 В.

В основном широко применяются осветительные сети переменного тока с *заземленной нейтралью*. Сети с *изолированной нейтралью* используются в основном в специальных установках при повышенных требованиях к электробезопасности, а *постоянный ток* — для резервного питания особо ответственных осветительных приемников и в специальных электроустановках.

В последние годы для производственных предприятий стала применяться система трехфазного тока напряжением 660/380 В с заземленной нейтралью. Согласно ПУЭ допускается использование такого напряжения для питания светильников — линейное при системе 380/220 В и фазное при 660/380 В.

Напряжение 380 В для питания светильников общего освещения допускается при высоте установки светильников не менее 2,5 м над полом в случаях, когда: светильники комплектуются лампами, напряжение которых 380 В (например, лампы ДРЛ мощностью 2000 Вт); электрические схемы светильников требуют применения напряжения 380 В (схема с последовательным включением люминесцентных ламп или с трехфазными ПРА); лампы в многоламповых светильниках по условиям эксплуатации подключаются к нескольким фазам.

При питании сетей напряжением 380 В вводы в светильники и ПРА выполняют медными проводниками с изоляцией на напряжение не ниже 660 В; в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных помещениях все фазные провода, вводимые в светильники, отключаются одновременно, а на корпус светильника наносятся хорошо различимые знаки «380 В». В помещениях с повышенной опасностью запрещается ввод в светильники и ПРА двух и трех фаз при системе 660/380 В.

В помещениях опасных и особо опасных вводятся ограничения по применению напряжения 127 и 220 В для светильников общего освещения с лампами накаливания и ДРЛ. Одно из них заключается в том, что при высоте установки светильника менее 2,5 м конструкция их должна исключать возможность доступа к лампам без применения какого-либо приспособления или инструмента (специального ключа, отвертки, плоскогубцев и т. д.). Это вызвано необходимостью повышения электробезопасности людей, не квалифицированных в области обслуживания электроустановок. Оно не обязательно для специально подготовленного персонала.

Напряжение 42 В применяется в особо опасных помещениях

(сырых, загроможденных и т. д.) при установке светильников на высоте до 1,8 м над полом независимо от конструкции светильника.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания в помещениях без повышенной опасности рекомендуется применение напряжения не выше 220 В, а в остальных случаях, в том числе для освещения, встроенного в электрические щиты, камеры, в бункеры и прочее оборудование, — напряжение не выше 42 В.

Для местного освещения допускается включение люминесцентных светильников на напряжение до 220 В во всех помещениях, за исключением сырых, жарких и с химически активной средой.

Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания и ручных переносных в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных используется напряжение не выше 42 В.

При неблагоприятных условиях, увеличивающих опасность поражения током, например неудобное положение работающего, теснота, соприкосновение человека с большими металлическими массами, в таких помещениях, как котельные, сталеплавильные цехи, в водопроводных туннелях и т. д., должны применяться сети с напряжением не выше 12 В.

В настоящее время для питания местного освещения, поставляемого комплектно с металлообрабатывающими станками, применяется напряжение 24 В.

Для обеспечения надежной работы газоразрядных ламп напряжение на них не должно быть ниже 90% номинального, а наибольшее не более 105% номинального. Частота колебаний напряжения у ламп рабочего освещения при изменениях менее 1% не ограничивается, а более 1% их допустимую частоту определяют в зависимости от величины колебания напряжения по формуле

$$n = 6 / (u_i - 1), \quad (6.1)$$

где n — наибольшее допустимое число колебаний напряжения, ч; u_i — значение колебания напряжения, %.

Указанное требование не распространяется на лампы местного освещения, обслуживающие станок или механизм, если резкие изменения напряжения связаны с работой их электродвигателей. При резко переменном характере нагрузок отдельных установок допускаются колебания напряжения до 1,5% при неограниченной их частоте.

Питание осветительной сети осуществляется от трансформаторов. При напряжении силовых приемников 380 В питание установок должно осуществляться от трансформаторов 380/220 В, общих для силовой и осветительных нагрузок.

При напряжении силовых приемников 660 В должен производиться обоснованный выбор питания между самостоятельными осветительными трансформаторами 380/220 и 220/127 В, питаемыми от сети высокого напряжения, и промежуточными, питаемыми через силовые трансформаторы.

При напряжении светильников 380 В можно использовать сети 660/380 В.

Применение самостоятельных осветительных трансформаторов необходимо лишь тогда, когда силовая нагрузка вызывает недопустимые колебания напряжения или напряжение 380/220 В — 220/127 В нельзя принять по условиям безопасности (некоторые подземные выработки, где не применяют напряжение более 3×127 В). Совмещение трансформаторов для силовой и осветительной нагрузок уменьшает их общее число и суммарную установленную мощность, сокращает количество аппаратуры и объем помещений подстанций, а также позволяет упростить общую схему электроснабжения.

Питание установок малого напряжения (12—42 В) производится от одно- и трехфазных понижающих трансформаторов, питаемых напряжением 220, 380/220 или 3×220 В от тех же источников, что и общее освещение.

Местное освещение станков осуществляется от осветительных понижающих трансформаторов, поставляемых комплектно с электрооборудованием станка и питаемых от его силовой сети.

У трехфазных понижающих трансформаторов, применяемых для питания осветительных установок малого напряжения (12—42 В), соединяют обмотки на стороне низшего напряжения в звезду или треугольник без выведения нулевой точки. Светильники, питаемые от таких трансформаторов, включают на их линейное напряжение.

§ 6.2. Схемы питания

Требования к надежности питания, качеству напряжения, удобству и безопасности эксплуатации, а также и экономичности осветительных установок могут быть удовлетворены вариантами схем питания. Выбор схемы питания производится только по совокупности всех показателей применительно к конкретным условиям освещения.

Осветительные сети внутреннего освещения разделяются на линии: *питающую*, прокладываемую от трансформаторных подстанций до групповых щитков, и *групповую* — от групповых щитков до светильников.

По надежности электроснабжения осветительные установки делятся на три категории.

I категория — перерыв в электроснабжении не допускается или допускается только на время автоматического включения резерва.

Питание этих установок следует обеспечивать от двух независимых источников. Если же перерыв в работе электроснабжения может привести к разрушению особо важного технологического оборудования, угрозе жизни многих людей и т. п., то осветительные установки выделяют в «особую» группу и питаются они от двух независимых источников с переключением части

светильников (или включением дополнительных светильников) на третий независимый источник при полном (или частичном) отключении установки. Такими аварийными источниками могут быть: дизельные станции, бензиновые двигатели, аккумуляторные батареи, а также электрические связи с ближайшими независимыми источниками, которые остаются в работе при обесточивании предприятия, а в нормальном режиме не используются.

II категория допускается перерыв в электроснабжении на время, необходимое для ручного включения резерва дежурным персоналом или выездной бригадой.

Такие установки практически обеспечиваются автоматическим вводом резерва (АВР).

III категория — все прочие осветительные установки, в которых допускается перерыв в работе на время ремонта или замены поврежденного элемента в течение суток.

В осветительных установках сохранение полного освещения при выходе из строя одного из источников питания или одной из линий не требуется поэтому необходимая степень резервации питания установки осуществляется устройством аварийного освещения.

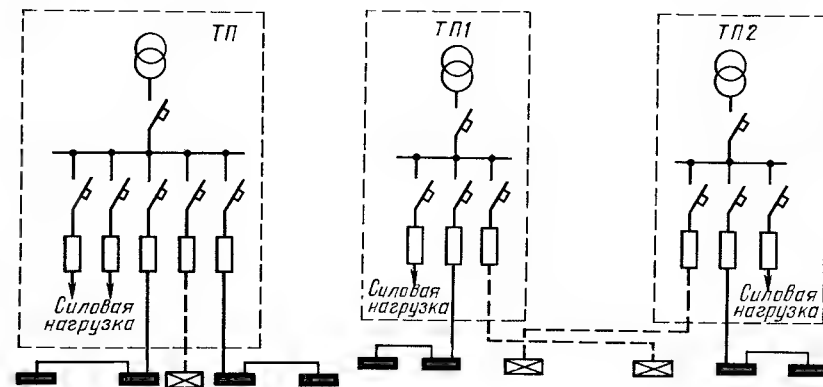


Рис. 6.1. Схема питания осветительной установки от одной автотрансформаторной подстанции:

■ — щиток рабочего освещения,
 ⊠ — щиток аварийного освещения

Рис. 6.2. Схема питания осветительной установки от двух подстанций:

■ — щиток рабочего освещения;
 ⊠ — щиток аварийного освещения

Питание нагрузок III категории может производиться от одной однотрансформаторной подстанции. Все виды нагрузки (силовая, рабочее и аварийное освещение) питаются самостоятельными линиями от шин низшего напряжения подстанции (рис. 6.1) или от ввода в здание.

Погасание всего освещения возможно только при обесточивании трансформатора, т. е. при одновременном отключении

силовой нагрузке, когда отпадает необходимость в аварийном освещении. В отдельных зданиях с небольшой нагрузкой можно ввести только одну питающую линию. Аварийное освещение в таких случаях должно питаться от места ввода самостоятельной сети. Если в здании кроме осветительного предусмотрен электросиловой ввод, аварийное освещение можно подключать к электросиловому вводу.

Для осветительных установок II категории используется более надежная схема питания. Практически электронагрузки этой категории имеют ту же схему питания, что и нагрузки I категории. В такой ситуации аварийное освещение зданий или их частей питается от одной подстанции, а рабочее от другой (рис. 6.2). Если трансформаторы имеют независимое питание, то данная схема полностью удовлетворяет требованиям к установкам с аварийным освещением. Ее можно рекомендовать и для эвакуационного освещения. Питающие линии аварийного освещения, показанные на рис. 6.2, могут быть присоединены к питающей электросиловой сети.

Широко распространено питание от одной двухтрансформаторной подстанции, когда рабочее и аварийное освещение питаются раздельными сетями от самостоятельных трансформаторов (рис. 6.3).

Так же как и в предыдущей схеме, щитки аварийного освещения могут питаться не самостоятельной сетью, а подключаться к силовой питающей сети. В данной схеме трансформаторы также можно рассматривать в качестве независимых источников питания, если они получают его по независимым системам от разных генераторов. В этом случае схема в отношении надежности не уступает предыдущей с однитрансформаторными подстанциями. Преимущество двухтрансформаторных подстанций заключается в том, что при обесточивании одного из трансформаторов возможно питать нагрузку, в частности рабочее освещение, от другого за счет использования его перегрузочной способности.

Такая схема с автоматическим замещением распространена на встроенных подстанциях производственных предприятий или пристроенных к ним помещениях комплектных трансформаторных подстанций (КТП) заводского изготовления. Они бывают не только двух-, но и однитрансформаторные и состоят из нескольких соединенных между собой стальных шкафов, в которых размещаются трансформаторы, вводные, межсекционные и линейные автоматы.

В питающих сетях освещения применяются как магистральные, так и радиальные схемы в зависимости от мощности и расположения щитков. При магистральных схемах питания одной линией рекомендуется питать не более 5 щитков.

Ограниченность числа защитных аппаратов на распределительных щитах подстанций и большие значения их номинальных токов в ряде случаев делают необходимым питание групповых щитков от распределительного через магистральный, на котором происходит разделение мощного фидера подстанции (рис. 6.4).

Вводы в здание должны быть оборудованы вводными или вводно-распределительными устройствами.

Для зданий, имеющих КТП, такими устройствами могут быть распределительные щиты подстанций, обслуживаемые персоналом потребителя.

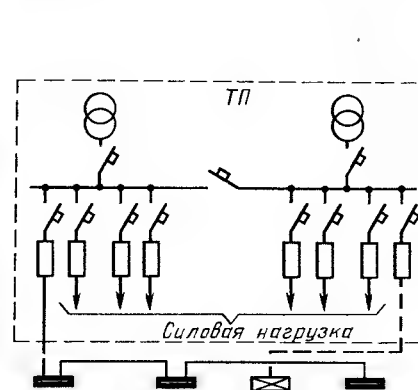


Рис. 6.3. Схема питания осветительной установки от одной двухтрансформаторной подстанции:

■ — щиток рабочего освещения; □ — щиток аварийного освещения

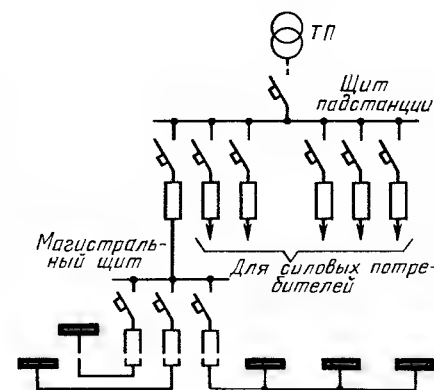


Рис. 6.4. Схема питания освещения через магистральный щиток:

■ — щиток рабочего освещения

§ 6.3. Групповые осветительные сети

Групповые щитки для питания групповых осветительных сетей следует располагать в таком месте, чтобы обеспечить возможно более рациональное и экономичное построение сети с учетом размещения источников питания, управления и т. д.

Щитки рекомендуется располагать в местах постоянно доступных и удобных для обслуживания. Располагая на щитках систему управления освещением, надо разместить их вблизи основного входа в помещение, чтобы видеть управляемые светильники.

Конструктивное выполнение щитков должно соответствовать условиям окружающей среды. Щитки следует выносить из помещений с тяжелыми условиями среды, а также из взрыво- и пожароопасных помещений и располагать их в помещениях с более благоприятными условиями среды, в помещениях станций управления и на лестничных клетках.

Групповые линии, отходящие от щитков, при трехфазных системах с нулевым проводом можно выполнять: двухпроводными однофазными (рис. 6.5 а, б); трехпроводными двухфазными (рис. 6.5 в); четырехпроводными трехфазными (рис. 6.5 г, д).

В начале каждой групповой линии сети освещения устанавливают аппараты защиты на всех незаземленных проводниках, а во взрывоопасных помещениях класса В-1 также и на нулевых проводниках.

двухпроводных групп. В остальных случаях на нулевых заземленных проводах установка аппаратов защиты запрещается.

Автоматы для трехфазных групповых линий могут быть одно- и трехполюсными (рис. 6.5 *г, д*).

Достоинство однополюсных автоматов в том, что они позволяют выключать светильники отдельными группами и уменьшают число отключаемых при коротких замыканиях и других неисправ-

ностях в светильниках и групповых линиях. Трехполюсные автоматы применяются в том случае, когда: необходимо одновременно отключать все светильники, питаемые трехфазными четырехпроводными группами; к трехфазной групповой линии присоединяется трехфазный конденсатор для повышения коэффициента мощности; необходимо применять автоматы на токи более 50 А, для которых однополюсные автоматы не изготавливаются. Трехполюсные автоматы применяются также для линий, питающих трехфазные понижающие трансформаторы. В трехфазных системах без нейтрали, а также с нулевым проводом при питании светильников не фазным,

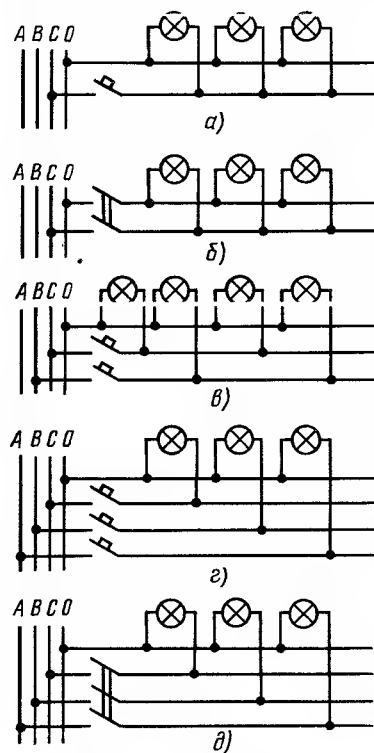


Рис. 6.5. Схемы групповых линий при трехфазной системе с нулевым проводом: а — двухпроводная; б — двухпроводная для взрывоопасных помещений класса В-Г; в — трехпроводная; г — четырехпроводная, защищаемая однополюсными автоматами; д — четырехпроводная, защищаемая трехполюсным автоматом

а линейным напряжением, применяются двухпроводные (двухфазные) (рис. 6.6 *а*) и трехпроводные (трехфазные) (рис. 6.6 *б*) групповые линии, для защиты которых рекомендуется применять двух- и трехполюсные автоматы, при необходимости допускаются и однополюсные.

Питание групповых линий малого напряжения 12—42 В от однофазных трансформаторов осуществляется по схеме рис. 6.6 *а*, а при питании от трехфазных трансформаторов по схеме рис. 6.6, *б*.

Количество и мощность светильников, питаемых одной групповой линией, ограничивается нормируемой ПУЭ величиной тока расцепителей автоматов или плавких вставок предохранителей. Так, номинальный ток плавких вставок предохранителей или уставок автоматов, применяемых для защиты линий групповой сети, не должен превышать 25 А.

В группах, питающих газоразрядные лампы единичной мощностью 125 Вт и более или лампы накаливания 500 Вт и выше, а также в сетях напряжением не выше 42 В, допускается применение аппаратов защиты с номинальным током до 63 А, а в группах, питающих лампы единичной мощностью 10 кВт и более, — с номинальным током, соответствующим силе тока лампы. В этом случае каждая лампа должна питаться отдельной групповой линией. Кроме того, ПУЭ ограничивается числом ламп на каждую групповую линию. Так, каждая групповая линия должна содержать на фазу не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, МГЛ или натриевых ламп, в это число включаются также и штепсельные розетки.

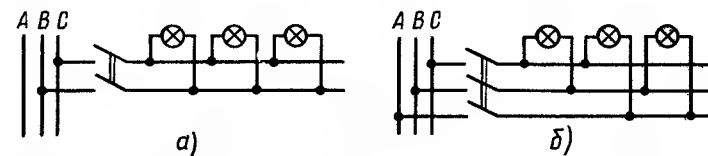


Рис. 6.6. Система групповых линий при трехфазной системе без нулевого провода:

а — двухпроводная; б — трехпроводная

Для групповых линий, питающих световые карнизы, панели и т. д., а также светильники с люминесцентными лампами, допускается присоединение до 50 ламп на фазу; для линий, питающих многоламповые люстры, число ламп на фазу не ограничивается. При выборе числа фаз групповых линий следует руководствоваться преимуществами, характеризующими каждую из них: трехфазные четырехпроводные линии по сравнению с однофазными позволяют иметь втрое большую нагрузку при одинаковых токах аппаратов защиты, в шесть раз меньшую потерю напряжения в линии при одинаковых моментах нагрузки и сечениях проводов линии, но при вдвое большей протяженности проводов. При трехфазных группах облегчается чередование светильников, что позволяет уменьшить коэффициент пульсации освещенности для газоразрядных ламп типа ДРЛ, МГЛ и НЛВД. Эти преимущества трехфазных линий делают их особенно экономичными в больших производственных помещениях при значительной мощности общего освещения, в помещениях большой протяженности (туннели, галереи и т. п.), а также в помещениях, освещаемых лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД, а в некоторых случаях и люминесцентными лампами, когда не обеспечивается требуемый по нормам коэффициент пульсации освещенности.

Однофазные группы питания целесообразны для небольших помещений с малым количеством светильников небольшой мощности. При большом числе помещений в производственных зданиях общее освещение рекомендуется питать трехфазными группами с однофазными ответвлениями в отдельные помещения.

В цехах большой протяженности при отсутствии необходимости управления освещением по отдельным участкам рекомендуется

применение системы распределительных магистралей, прокладываемых вдоль цеха и выполняемых шинопроводами или на изолирующих опорах проводами в трубах.

Токовая нагрузка и число светильников для распределительных магистралей не ограничиваются, но на ответвлениях от них к отдельным светильникам или к их блокам должны устанавливаться аппараты защиты и управления.

В осветительных сетях следует предусматривать компенсацию реактивной мощности с доведения коэффициента мощности до значения не менее 0,9. Такая компенсация в установках с люминесцентными лампами осуществляется конденсаторами в составе ПРА для этих ламп, а с лампами ДРЛ, МГЛ и НЛВД, не имеющими конденсаторов в составе ПРА, установленными у щитков трехфазными конденсаторами отдельно на каждой отходящей группе.

Необходимость компенсации в установках с лампами ДРЛ и МГЛ определяется в зависимости от общего коэффициента мощности в системе электроснабжения предприятия. Если активная мощность присоединенных к трансформатору ламп ДРЛ или МГЛ не превышает 10% его номинальной мощности, компенсацию производить не рационально.

Ограничить пульсацию освещенности до норм, предусмотренных СНиПом для люминесцентных ламп, можно, применяя компенсированные ПРА; в установках с лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД обязательно использование трехфазных групповых линий с поочередным присоединением ламп к различным фазам сети. При расстоянии между светильниками меньше рекомендуемого предпочтительно устанавливать в тех же точках блоки из двух, трех светильников, присоединенных к различным фазам сети.

Трассировка линий групповой сети должна обеспечивать удобство монтажа, а при открытой проводке — наглядность и доступность проводки. Для линий, прокладываемых в одном помещении, следует принимать совмещенную трассу и применять объединение нулевых проводов (преимущественно для линий, принадлежащих различным фазам сети). Объединение нулевых проводов рабочего и аварийного освещения, а также нулевых проводов, имеющих защиту, недопустимо.

Линии скрытой проводки рекомендуются прокладывать по кратчайшим расстояниям без соблюдения принципа параллельности строительным линиям. Общие для нескольких линий нулевые провода должны прокладываться в трубах совместно с фазными, а при проводке кабелями или многожильными проводами — заключаются в общую оболочку со всеми фазными проводами или с частью из них. При распределении между фазами однофазных нагрузок следует ограничивать разницу в токах наиболее и наименее нагруженной фазы величиной не более 30% в пределах одного щитка и 10% в начале питающей линии.

В схемах питания освещения помещений производственных и общественных зданий, в которых согласно требованиям СНиПа

или отраслевых норм предусматриваются линии аварийного или освещения безопасности, следует использовать схемы автоматического переключения освещения с основного (нормального) источника питания на резервный (аварийный) при исчезновении напряжения в основном источнике. Такие переключения имеют место в сетях аварийного освещения для продолжения работы на особо ответственных объектах, например, в операционных блоках, а также для эвакуационного освещения из зданий.

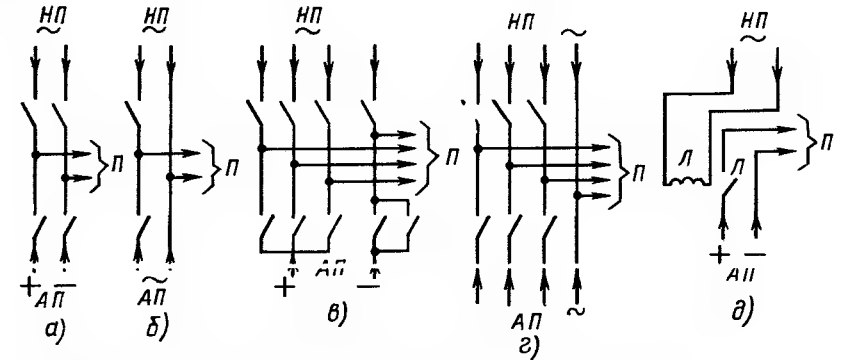


Рис. 6.7 Схема главных цепей станции аварийного переключения:

НП — нормальное питание; АП — аварийное питание; П — потребитель; Л — контактор автоматического включения аварийного освещения

На рис. 6.7, а—г показаны схемы главных цепей станций, применяемых для осветительных сетей. Источником питания рабочего освещения во всех схемах является переменный ток, тогда как для аварийного освещения или освещения безопасности может применяться переменный и постоянный ток. В практике проектирования имеет место схема питания, при которой аварийное освещение при действии рабочего отключено и питание аварийного автоматически подключается только при отключении рабочего (рис. 6.7, д).

Станции аварийного переключения обеспечивают обратное автоматическое переключение (или отключение) освещения при появлении напряжения на основном источнике питания.

§ 6.4. Защита осветительных сетей и выбор аппаратов защиты

Защиту от токов короткого замыкания должны иметь все осветительные сети. Отсутствие защиты может привести к перегреву проводов и кабелей, вызывая пожары, ожоги, поражения током. Защита от перегрузок также необходима во всех случаях, но она значительно повышает стоимость сети, поэтому используется лишь тогда, когда перегрузки наиболее вероятны, а опасность пожара особенно велика. Защита от перегрузок применяется в электри-

ческих сетях жилых и общественных зданий, служебно-бытовых, пожаро- и взрывоопасных помещениях промышленных зданий, а также взрывоопасных установках наружного освещения. В остальных производственных помещениях защищать от перегрузок, согласно ПУЭ, надо сети, выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводами с горючей оболочкой, например АПР, ПРД и т. д.

Защита осветительных сетей осуществляется аппаратами защиты — автоматическими выключателями (автоматами) или плавкими предохранителями, автоматически отключающими линии при аварийном режиме, т. е. токе короткого замыкания. Защитное действие автомата основано на отключении цепи при прохождении по ней тока короткого замыкания или перегрузки, что осуществляется расцепляющим механизмом автомата.

Основной характеристикой автомата является зависимость полного времени отключений сети от значения протекающего тока. В автоматах с тепловыми и комбинированными расцепителями время срабатывания зависит от тока перегрузки или короткого замыкания: чем больше ток, тем быстрее автомат отключает линию (автоматы с обратной зависимостью от тока характеристики). Автоматы с мгновенно действующими расцепителями начинают действовать только после того, как ток достигнет определенного для данного расцепителя значения; обычно этот ток в 6—8 раз больше номинального.

Для защиты осветительных сетей используются автоматы с тепловыми и комбинированными нерегулируемыми расцепителями и только на щитах подстанций применяются автоматы с комбинированными регулирующими расцепителями. Аппараты защиты должны надежно отключать значительные перегрузки и не производить ложных отключений.

Номинальные токи аппаратов защиты должны быть не менее расчетных токов защищаемых участков сети, близкими к ним, и не отключать электроустановку при включении ламп.

В табл. 6.1 данные, предложенные Г. М. Кноррингом, приведены ориентировочно по выбору плавких вставок предохранителей и уставок автоматов с учетом пусковых токов мощных ламп накаливания и ламп ДРЛ.

При установке нескольких автоматов с тепловыми или комбинированными расцепителями в шкафах или ящиках их номинальные токи должны быть снижены на 10—20% в зависимости от числа и загрузки автоматов (из-за возможного перегрева, так как расцепители рассчитаны для температуры 25°C).

Защитные аппараты отключают линии при токах короткого замыкания в минимальное время и с соблюдением требования селективности. В сетях, защищаемых от перегрузки, защита при коротких замыканиях надежно осуществляется аппаратами, выбранными по условиям возможной перегрузки.

Для сетей, не защищенных от перегрузок (выполненных защищенными проводами, кабелями, проводами в трубах в производ-

ственных помещениях, не опасных для пожара и взрыва), в установках с глухим заземлением нейтрали при замыканиях в двух- и трехфазных сетях с изолированной нейтралью отключение обеспечивается, если ток короткого замыкания превышает номинальный плавкой вставки предохранителя или расцепителя автомата не менее чем в три раза (автоматы с тепловыми или комбинированными расцепителями).

Т а б л и ц а 6.1

Тип аппаратов защиты	Отношение номинального тока плавкой вставки или уставки теплового расцепителя автомата к рабочему току линии не менее, для ламп		
	накаливания	ДРЛ	люминесцентных
Плавкие предохранители	1,0	1,2	1,0
Автоматические выключатели с тепловыми расцепителями с уставками менее 50 А	1,0	1,4	1,0
С уставками 50 А и выше	1,0	1,0	1,0
Автоматические выключатели с комбинированными расцепителями с уставками менее 50 А	1,4	1,4	1,0
С уставками 50 А и выше	1,4	1,0	1,0

Во взрывоопасных помещениях это соотношение должно быть не менее: 4— при предохранителях и 6— при автоматах.

При обеспечении соотношения между длительно допустимым током проводника и номинальным током защитного аппарата (табл. 6.2) расчетная проверка кратности токов короткого замыкания необязательна. В этой же таблице приведены аналогичные соотношения при защите сетей от перегрузки. Если сечения, определяемые условиями защиты, оказываются большими, чем необходимые по расчетному току, то можно принять ближайшие меньшие сечения (но не меньше, чем необходимые по расчетному току). Защита в осветительных сетях должна действовать селективно, т. е. аппараты защиты отключают не питающую его линию, а только поврежденный или перегруженный участок сети.

Селективность обеспечивается, когда фактическое время срабатывания аппарата защиты в высшем звене сети значительно больше, чем аппарата в низшем. Для получения селективности необходимо, чтобы время отключения большего предохранителя превышало время отключения меньшего не менее чем в три раза.

Аппараты защиты должны устанавливаться в начале головных участков осветительной сети, а также во всех местах сети, где сечение уменьшается: на линиях, отходящих от щитов, щитков и других распределительных устройств; на вводах в здание при

питании от отдельно стоящих подстанций; в местах уменьшения сечений проводников по направлению к электроприемникам; на стороне высшего и низшего напряжений понижающих трансформаторов.

Таблица 6.2

Проводники	Характеристика помещений, где требуется защита проводников	Нормируемое соотношение I_n/I_a для аппаратов защиты			
		плавкие предохранители	автоматические выключатели с обратной характеристикой	автоматические выключатели с максимальными мгновенно действующими расцепителями	
			нерегулируемый расцепитель	регулируемый расцепитель	

Сети, защищаемые:
от токов короткого замыкания

Проводники всех типов	Все помещения	$\geq 0,33$	$\geq 1,0$	$\geq 0,66$	$\geq 0,22$
-----------------------	---------------	-------------	------------	-------------	-------------

от перегрузки

Открыто проложенные изолированные провода с горючей оболочкой	Производственные невзрывоопасные помещения	$\geq 1,0$			
	Другие помещения	$\geq 1,25$	$\geq 1,0$	$\geq 1,0$	$\geq 1,25$
Защищенные провода, кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией, провода в трубах	Производственные пожароопасные помещения	$\geq 1,0$			
	Помещения: торговые, служебно-бытовые, промышленных предприятий; общественные и жилые здания; взрывоопасные установки	$\geq 1,25$	$\geq 1,0$	$\geq 1,0$	$\geq 1,25$
Кабели с бумажной изоляцией	Помещения: пожароопасные, торговые, служебно-бытовые, промышленных предприятий, общественные и жилые здания; взрывоопасные установки	$\geq 1,0$	$\geq 1,0$	$\geq 0,8$	$\geq 1,0$

По требованию ПУЭ аппараты защиты должны устанавливаться в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. Допускается отнесение их от места присоединения на рас-

стояние до 3 м, а при ответвлениях в труднодоступных местах — до 30 м. Незащищенные участки следует выполнять кабелями с негорючей оболочкой или проводами в стальных трубах, при длине более 3 м они должны иметь пропускную способность не менее 10% пропускной способности защищенного участка магистрали.

Во всех случаях сечение проводов незащищенного участка должно пропускать расчетный ток ответвления и быть не меньше сечения проводника после защитного аппарата. В нулевых проводниках защитные и отключающие аппараты не устанавливаются, за исключением нулевых проводников двухпроводных линий во взрывоопасных помещениях классов В-1.

В производственных зданиях широко распространены автоматы разных типов, которыми укомплектовываются щитки и распределительные пункты.

Достоинство автоматов заключается в возможности их использования не только как защитных автоматов, но и как отключающих элементов для управления освещением.

§ 6.5. Управление освещением

Способы управления освещением, т. е. его включением и отключением, выбирают с учетом удобства эксплуатации, простоты и экономичности. Всегда необходимо учитывать наличие естественного освещения и характер его использования. В зависимости от обеспечения зон помещения естественным освещением решается, какими частями должно отключаться искусственное. Аппараты управления рекомендуется устанавливать в местах, удобных для использования, а также в наиболее благоприятных условиях среды; иногда для этого отводится специальное помещение.

Применяемые способы управления освещением разделяются на четыре вида: местное, централизованное, дистанционное и автоматическое управление.

Местное управление применяется для небольших помещений и выполняется выключателями, переключателями или другими простыми аппаратами. Приборы управления располагают у входов в помещение со стороны дверной ручки или внутри помещения на высоте около 1,5 м от пола. Вне помещений выключатели устанавливают, если внутри условия среды тяжелее, чем снаружи (например, душевые), а также для помещений, часто находящихся закрытыми (кладовые, склады, вентиляционные камеры и т. п.).

Для местного управления наиболее распространены однополюсные выключатели на 6 и 10 А для открытой и скрытой проводки. Местное управление трехфазными понижающими трансформаторами обычно производится трехполюсными выключателями, устанавливаемыми вблизи трансформаторов.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при напряжении 3×220 и 220/127 В и питании светильников напряжением 220 В с целью повышения электробезопасности

для местного управления применяются двухполюсные пакетные выключатели.

В крупных помещениях целесообразно централизованное управление, осуществляемое с групповых щитков автоматами, защищающими групповые линии. Если же эксплуатация допускает включение освещения всего помещения одновременно, то для этого можно использовать вводные аппараты на щитках или аппараты в начале питающих линий.

В очень крупных цехах, где общее освещение питается от нескольких подстанций, по условиям производственной работы и естественного освещения допускается централизованное управление, рекомендуется устройство дистанционного централизованного управления освещением здания или группы зданий из одного места, например, диспетчерской, электромашиного помещения, конторы начальника цеха и т. п.

При устройстве централизованного диспетчерского дистанционного управления (ЦДУ) необходимо продумать распределение нагрузок между щитками и щитков — между цепями управления, с тем чтобы одновременно включалось освещение помещений с одинаковыми условиями естественного освещения и режимом производственной работы.

Дистанционное управление осуществляется магнитными пускателями или контакторами, установленными на щитах станций управления (ЩСУ) или в шкафах управления (ШУ), включенными в цепи линий питающей осветительной сети. В пункте управления предусматривается сигнализация состояния освещения, питаемая через каждый из пускателей или контакторов.

При автоматическом управлении включение и отключение искусственного освещения производится без участия человека в зависимости от изменения осветительных условий, создаваемых в помещениях естественным освещением, или по заданному суточному графику. Для местного освещения применяются индивидуальные отключающие аппараты, устанавливаемые на рабочих местах.

При проектировании управления общим рабочим освещением следует: в помещениях с боковым естественным освещением предусматривать отключение светильников рядами, параллельными окнам; на один выключатель объединять светильники, требующие одновременного действия по условиям производства; в помещениях с несколькими входами, посещаемых специальным персоналом (например, водопроводные, кабельные и теплофикационные туннели), предусматривать управление освещением от каждого входа или части входов.

В производственных помещениях, где работа производится в три смены, могут быть участки, на которых работа в отдельные промежутки времени может не выполняться. Тогда необходимо предусматривать возможность раздельного управления освещением для наиболее вероятных вариантов организации работ по отдельным зонам и участкам помещения.

Следует учитывать необходимость создания пониженной освещенности в нерабочее время для ремонтных и наладочных работ, для этого включают не все светильники сразу, а часть их, например, путем поочередного подключения светильников в трехфазных четырехпроводных и двухфазных трехпроводных групповых линиях или чередования отдельно управляемых рядов светильников.

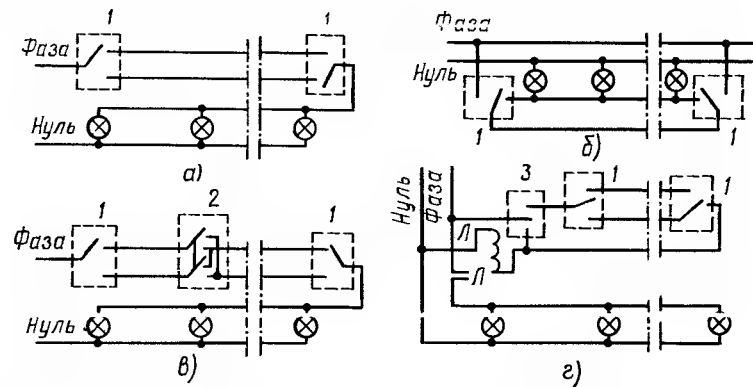


Рис. 6.8. Схема управления освещением:

а — из двух мест; б — из двух мест с транзитной фазой; в — из трех мест; г — с помощью пускателей, реле или контакторов (для управления их катушками применяются схемы а, б, в)

Для протяженных помещений с несколькими входами, не используемыми как постоянные проходы (кабельные галереи и туннели, галереи шинпроводов и т. п.), управление рекомендуется осуществлять со всех возможных входов по «коридорной» схеме (рис. 6.8, а) при использовании однополюсного переключателя на два направления без нулевых положений.

При схеме рис. 6.8, б, применяемой только для управления из двух мест, потеря напряжения в линии больше, чем при схеме рис. 6.8 а, но возможно подключать нагрузки, не управляемые по «коридорной» схеме без прокладки дополнительных проводников.

В схеме рис. 6.8, в используется переключатель двухполюсный на два направления без нулевых положений.

При токах нагрузки, превышающих допустимые для переключателей (более 6—10 А), а также при двух- и трехфазных линиях управляют не светильники, а катушки магнитных пускателей, реле или контакторов (рис. 6.8, г), где используется переключатель однополюсный с нулевым положением.

При управлении магнитными пускателями и подобными аппаратами в цепи катушек устанавливают не кнопки, а выключатели или переключатели для восстановления освещения после временного перерыва питания.

Аппараты управления обычно устанавливают на всех фазных проводах и на обоих проводах сети постоянного тока. Для двухпроводных линий 12—42 В выключатели помещают только в одной

из фаз (полюсов). Незаземленные фазы линий, питающих щитки, трансформаторы и другое электрооборудование должны отключаться одновременно. При этом аппараты управления располагают в непосредственной близости от этого оборудования, а если такая возможность отсутствует, то в местах, доступных только для обслуживающего персонала. При управлении двух- и трехфазными линиями в системах с глухозаземленной нейтралью, питающими однофазные приемники, рекомендуется применять однополюсные автоматы. Установленные на групповых линиях конденсаторы и обслуживаемые ими светильники должны отключаться одновременно и на всех полюсах, т. е. трехполюсным автоматом.

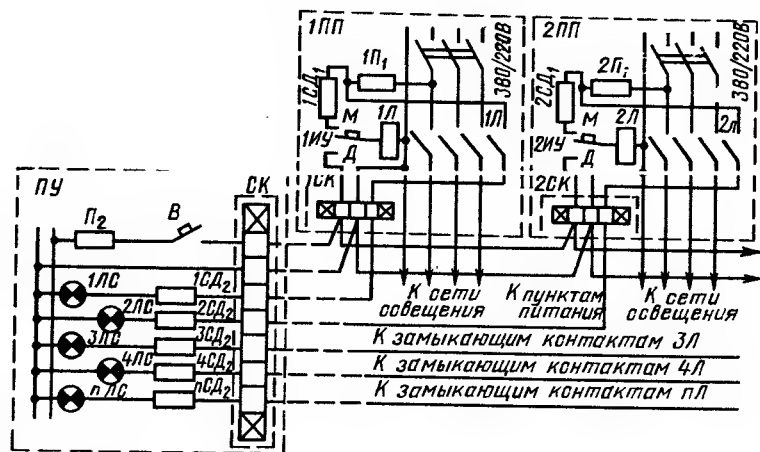


Рис. 6.9. Схема дистанционного управления по силовым проводам с применением избирателя управления

Во взрывоопасных помещениях класса В-I аппараты управления и защиты устанавливают и на нулевых проводах двухпроводных линий. При ПДУ должна сохраняться возможность местного (со щитков или отдельными выключателями) управления освещением. Схемы обычного ПДУ выполняют на переменном токе с прокладкой силовоточных кабелей (рис. 6.9) или на постоянном с использованием жил кабелей телефонной сети. ПДУ включает в себя: пункты управления (ПУ), где устанавливается пункт или щит управления и необходимые для этого приборы, оборудование и блок питания; исполнительные пункты управления (ИП), где размещается силовоточная или слаботочная аппаратура; количество и месторасположения исполнительных пунктов соответствуют количеству и месторасположению пунктов питания управляемой осветительной установки; каналы связи между пунктами управления и исполнительными пунктами. Пункт управления обычно располагается в помещении, где есть дежурный персонал, производящий включение и отключение освещения. В пункте, в зависимости

от принятой схемы питания, должен быть надежный источник постоянного или переменного тока. Надежность питания переменным током обеспечивается от двух независимых источников питания. При аварийном отключении основного источника питания автоматически включается резервное. Сигнальные лампы (ЛС), установленные на блок-контактах, позволяют контролировать напряжение на участках электрической цепи.

При работе сети дистанционного управления на постоянном токе в пункте управления имеется аккумуляторная батарея или вентильный выпрямитель. Каналы связи пунктов управления с исполнительными пунктами, совмещенными с пунктами питания осветительной установки, выполняют как самостоятельные кабельные или воздушные линии, а также используя телефонную сеть. Отдельные специальные линии управления освещением удобны и надежны в эксплуатации, но их устройство требует больших затрат. Поэтому во всех местах, где это возможно, используются телефонные сети.

Для силовоточных линий дистанционного управления применяются различные контрольные кабели с алюминиевыми жилами, а с медными используются только в виде исключения на ответственных объектах. В менее ответственных воздушных сетях управления, например в сетях управления наружным освещением различных поселков, небольших городов и территорий фабрик и заводов, иногда применяются стальные провода диаметром 3—5 мм. Широко распространенная схема управления освещением по силовоточным проводам показана на рис. 6.9. В каждом пункте питания *1ПП*, *2ПП*, *3ПП*... на отходящих осветительных линиях дополнительно к автоматам или рубильникам устанавливаются контакторы или магнитные пускатели *1Л*, *2Л*, *3Л*..., катушки которых питаются от специальной сети с пункта управления (ПУ). В цепь сети управления включен однополюсный выключатель или рубильник *В*, который управляет осветительной установкой. На управляемом пункте питания для контроля за состоянием установки находятся сигнальные лампы *1ЛС*, *2ЛС*, *3ЛС*..., которые горят при включенном замкнутом положении рабочих контактов магнитных пускателей, так как подключаются через замыкающие блок-контакты магнитных пускателей. Сигнализацию осветительной установки не устраивают на небольших освещаемых объектах, когда горение источников света может наблюдаться визуально, это приводит к упрощению схемы управления и снижению ее стоимости. Для управления освещением с пункта питания при частичном включении осветительной установки (для производства ремонтных работ части территории или отдельного помещения) на каждом пункте питания устанавливают избиратели управления *1ИУ*, *2ИУ*, *3ИУ*..., представляющие собой нормальные однополюсные пакетные переключатели, например, типа ППМ1—10/Н2 на два направления с нулевым положением. При изображенном положении переключателя *М* обеспечивается местное питание катушки магнитных пускателей вне зависимости от положения

выключателя *В* на пункте управления. При положении *Д* управление производится с пункта централизованного управления. Среднее положение переключателя отключает цепь питания катушки магнитного пускателя и обеспечивает невозможность ее включения с пункта управления, что особенно важно для безопасности при производстве ремонтных работ или смене ламп.

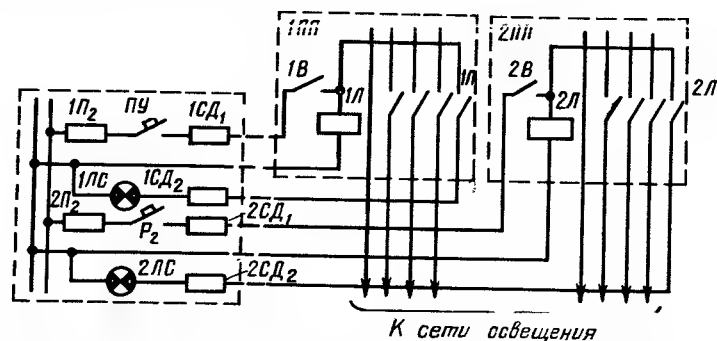


Рис. 6.10. Схема дистанционного управления по силовым проводам (при фазном напряжении)

При необходимости согласования подводимого напряжения с паспортными данными катушек устанавливают добавочные сопротивления *1СД*, *2СД*..., выбираемые по характеристикам применяемых типов сигнальных ламп (рис. 6.10). Установка избирателя управления на пунктах питания лишает возможности диспетчера с *ПДУ* определять режим работы осветительной установки. При установке избирателя управления в положение «местное управление» диспетчер не сможет включить или отключить освещение, что недопустимо для установок наружного освещения. В этом случае вместо переключателей *1ИУ*, *2ИУ*... устанавливают однополюсный рубильник или выключатель *1В*, *2В* (см. рис. 6.10). Автоматическое управление осуществляется с помощью автоматов с часовыми механизмами, фотоэлементами и фоторезисторами. Автоматы с часовыми механизмами включают и отключают освещение в определенное время суток, распространены реле *2РВ* (однопрограммные) и *2РВМ* (двухпрограммные). Принцип работы реле основан на вращении программного диска, в резьбовые отверстия которого ввертываются установочные штифты по заданной программе. Вращение диска осуществляется пружинным двигателем с часовым механизмом. Штифты включают и отключают микровыключатель, а тем самым и освещение. При токе в линии более 10—15 А микровыключатель управляет катушкой пускателя или контактора.

Более удобными и перспективными в эксплуатации являются фотоэлектронные автоматы, включающие и отключающие искусственное освещение в зависимости от естественной освещенности. Основными элементами таких автоматов являются газонаполненные или вакуумные фотоэлементы или фоторезисторы. Значение

их сопротивлений обратно пропорционально падающему на них световому потоку. С увеличением освещенности естественным светом сопротивление фоторезисторов уменьшается, и в цепи появляется ток. Так как значение тока недостаточно для включения катушки контактора, то в автомат к цепи сигнала подключается усилитель, усиливающий сигнал до значений, достаточных для срабатывания реле. В наиболее распространенных автоматах используется устройство сравнения, сопоставляющее поступающие от фотопреобразователя данные об освещенности объекта с заданным уровнем освещенности и передающее сигналы последующим элементам схемы. Во избежание попадания прямых солнечных лучей на поверхность фотоэлементов и фоторезисторов автоматы устанавливают таким образом, чтобы отверстие в кожухе прибора, предназначенное для прохождения света, было ориентировано на север или затенялось каким-либо сооружением.

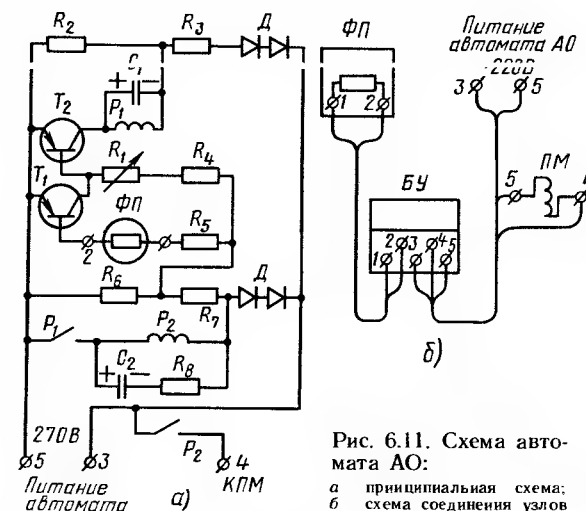


Рис. 6.11. Схема автомата АО:

а — принципиальная схема;
б — схема соединения узлов

На рис. 6.11 приведена принципиальная схема автомата типа АО, состоящего из трех основных узлов: фотопреобразователя *ФП*, блока управления *БУ* и магнитного пускателя *ПМ*. Схема соединения этих узлов показана на рис. 6.11, б. В качестве фотопреобразователя в автомате используется фоторезистор *ФСКГ-Г1*, включенный в цепь базы транзистора, являющегося управляющим элементом для более мощного транзистора *T2*, управляющего реле *P1*, контакты которого включают или отключают выходное реле *P2*, к замыкающим контактам последнего подключена катушка магнитного пускателя *ПМ*. Питание схемы выпрямленным напряжением осуществляется через диоды *Д* от делителей напряжения *R2*—*R3* и *R6*—*R7*. Настройка автомата на включение освещения при заданной освещенности осуществляется изменением сопротивления *R1*. Отключается освещение при естественной освещенности, превышающей освещенность включения на 5—10 лк. Массово изготовлен-

ные автоматы настроены на включение при освещенности 5 ± 2 лк и отключение при освещенности 8—15 лк. Элементы временной задержки (конденсатор C_2 и резистор R_8 совместно с замедленным реле P_2) предотвращают срабатывание при кратковременных случайных изменениях освещенности.

Максимально допустимый ток выходных контакторов блока управления (контакты реле P_2) равен 0,5А, предельная мощность при напряжении сети 380 В, отключаемая магнитным пускателем ПМ, поставленным с автоматом, составляет 5 кВт.

Кроме автоматов АО промышленность выпускает типы автоматов Ф-2, ФРМ—62А и др.

Автоматическое управление является дополнением к ручному и необходимо для включения и отключения освещения в аварийных и специальных режимах.

Глава 7

ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

§ 7.1. Общие требования

Каждое помещение производственного здания имеет определенное функциональное назначение, и электрическое освещение должно создавать условия работы, необходимые для успешного решения поставленных задач.

Выполнить это условие можно только при изучении технологии производства в той мере, которая необходима для устройства осветительных установок, особенно при работе с рельефными объектами, видимость которых в значительной мере определяется пространственным распределением светового потока. В этом случае выбор светораспределения осветительных приборов и их размещение в помещении могут быть решающими в создании наиболее благоприятных условий для работы зрения.

Это можно осуществить при соблюдении норм освещенности и показателей качества освещения, бесперебойности действия освещения, удобства обслуживания осветительных установок и управления ими, а также соответствия осветительных установок требованиям эстетики.

В основу проектирования осветительных установок промышленных предприятий положена «Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий» (СН 357-77).

Осветительные установки должны удовлетворять требованиям действующих ПУЭ, «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ).

Общие требования к осветительным установкам (выбор источников света, светильников и их расположения, варианта осветительной установки по экономическим показателям, системы освещения, а также вопросы эксплуатации), рассмотрены в гл. 5.

§ 7.2. Надежность работы установок в условиях окружающей среды

Выбор светильника определяется не только экономичностью осветительной установки, но и надежностью ее работы, определяемой соответствием характеристики светильника окружающей среде. При выборе светильников по степени их защиты от воздействия окружающей среды следует использовать ГОСТ «Светильники. Виды и обозначения» и ГОСТ «Электрическое оборудование напряжением до 1000 В. Оболочки. Степени защиты», а при выборе светильников для различных климатических районов необходимо руководствоваться также ГОСТ «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории и условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

Нормальные условия среды, в которой эксплуатируется светильник (работа светильника в закрытом отапливаемом помещении в районе умеренного климата), характеризуются рабочей температурой в пределах 35—1°C (со средним значением 25°C и предельным верхним значением температуры 40°C), относительной влажностью до 65% при 20°C в течение 12 мес (предельное верхнее значение влажности 80% при 25°C), содержанием пыли, дыма и копоти не более 15 мг/м³, атмосферным давлением 0,085—0,105 МПа.

В ПУЭ все помещения делятся на сухие (относительная влажность не более 60% при 20°C, температура не более 30°C), влажные, сырые и особо сырые (относительная влажность не более 75%, более 75% и близка к 100% при $t \leq 30^\circ\text{C}$), жаркие ($t \geq 30^\circ\text{C}$), пыльные, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, при этом может быть токопроводящей и токопроводящей.

Защищенность световых приборов от вредных воздействий окружающей среды — одна из важнейших характеристик, определяющих срок службы и надежность работы приборов. Защита от пыли, воды и агрессивных сред обеспечивается выбором соответствующих конструкций и светотехнических материалов, а также герметизацией всего объема прибора или отдельных его полостей (в основном полости расположения электрических контактов).

Согласно классификации электротехнического оборудования установлены степени защиты его от попадания пыли, защиты от соприкосновения с элементами, расположенными внутри оболочки изделий, находящихся под напряжением.

Степень защиты светильников в пыльных помещениях зависит от количества и характера пыли. В пыльных и с химически активной средой эффективно применение ламп накаливания с диффузной или зеркальной колбой, а также рефлекторных ламп типа ДРЛР и ЛБР. Их следует устанавливать в открытой арматуре со степенью защиты, рекомендуемой для данных условий среды.

В помещениях с техническими этажами (электронная, радиотехническая промышленность, точное приборостроение и т. д.)

рекомендуется использовать совмещенные системы освещения, вентиляции и кондиционирования. Под нормальным исполнением светильников понимают открытые или перекрытые приборы, в которых отсутствует специальная защита от пыли и воды. Такие светильники предназначены для работы в помещениях с нормальными условиями среды.

§ 7.3. Требования к освещению взрывоопасных и пожароопасных помещений

В некоторых помещениях промышленных зданий выполнение технологических процессов сопровождается выделением паров и газов, образующих взрыво- и пожароопасные смеси. К взрывоопасным относятся помещения многих отраслей промышленности и особенно предприятий химической промышленности. Взрывы в ряде случаев могут привести к серьезным разрушениям и человеческим жертвам. Пожароопасность помещений характеризуется обрабатываемыми в них материалами и зависит от строительной конструкции. Взрыв или пожар могут произойти из-за неосторожного обращения с огнем, самовозгорания, статического электричества, неисправности электропроводки и т. д. Значительное число пожаров и взрывов связано с электротехническими установками, в частности с осветительными. Причиной взрыва и пожара могут быть перегрев проводов, короткое замыкание, искрение и т. п.

Для устранения причин, вызывающих взрывы и пожары, необходимо применять оборудование и проводки в соответствии с условиями среды и указанным на нем напряжением; не допускать перегрева (сверх нормы) проводов, кабелей и оборудования, надежно обеспечивать защиту от короткого замыкания и перегрузок (правильно подбирать предохранители и автоматы); обеспечивать надежность соединения проводов между собой и присоединения их к контактам аппаратов (обеспечивать отсутствие искрения при длительной эксплуатации).

Согласно Правилам устройства электроустановок все взрывоопасные помещения в зависимости от условий среды (выделяются горючие газы или пары, обладающие способностью образовывать с воздухом или другим окислителем взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы; взрывоопасные смеси образуются только в результате аварий и неисправностей и т. д.) делятся на классы по степени взрывоопасности, в зависимости от принадлежности к которым выбирается степень защиты от взрыва.

Основные требования к взрывозащищенным светильникам регламентируются «Правилами изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», а также ГОСТ 1227020—76 «Электрооборудование взрывозащищенное». К этим требованиям относятся: защита от внешних воздействий; максимально допустимая температура нагрева элементов (поверхностей) светильников; защита источника света от механических повреждений прочным светопропускающим элементом.

§ 7.4. Установки искусственного ультрафиолетового облучения

Ультрафиолетовое излучение, содержащееся в естественном свете, оказывает биологическое воздействие на организм человека. Длительное отсутствие или недостаток ультрафиолетового облучения приводит к снижению защитных сил организма, ухудшению самочувствия, снижению работоспособности и т. д. При работе людей в помещениях без естественного света или с недостаточным освещением уменьшается ультрафиолетовая облученность организма и возникает необходимость компенсации ультрафиолетовой недостаточности.

В действующих «Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий» (СН 245—71) содержится требование к установкам искусственного ультрафиолетового облучения (УФ). Проектирование установок ультрафиолетового облучения производится на основании утвержденных Министерством здравоохранения СССР и согласованных с Госстроем СССР «Указаний по проектированию и эксплуатации установок искусственного ультрафиолетового облучения».

Установки УФ облучения предусматриваются на всех объектах, расположенных севернее Северного полярного круга. Их устанавливают в помещениях промышленных зданий без естественного света или с недостаточным освещением (КЕО менее 0,1%). Искусственное облучение осуществляется эритемными лампами, спектр излучения которых содержит УФ-излучение с длиной волны более 280 нм, так как излучение с более короткими длинами волн отрицательно влияет на организм.

Ультрафиолетовое излучение в пределах от 280 до 400 нм называется эритемным, единицей измерения которого принят эр. 1 эр соответствует потоку излучения с длиной волны 297 нм мощностью 1 Вт. Это значение достаточно большое и для практических целей удобнее пользоваться 1/1000 эр, называемой миллизером (мэр). Эритемная облученность определяется в мэр/м² и характеризуется не только плотностью излучения на единицу площади, но также и временем воздействия облученности, т. е. дозой облученности, определяемой количеством облучения в единицу времени (мэр·ч/м²).

В эритемных облучательных установках источниками излучения являются эритемные лампы типа ЛЭ мощностью 15 и 30 Вт, по размерам и конструктивным особенностям аналогичные прямым трубчатым люминесцентным лампам мощностью 15 и 30 Вт, и типа ЛЭР мощностью 30 и 40 Вт, также аналогичные трубчатым люминесцентным рефлекторным лампам. Включаются в сеть эритемные лампы с помощью тех же приборов, что и люминесцентные. Основные характеристики эритемных ламп приведены в табл. 7.1.

Ультрафиолетовые облучательные установки действуют в осенне-зимний и ранний весенний периоды года. Так, в районах севернее Северного полярного круга они должны работать с 1 ноября по 1 апреля; в средней полосе (50—60° северной широты) —

с 1 ноября по 1 марта; в южных районах (45—50° северной широты) с 1 декабря по 1 марта.

Таблица 7.1

Тип лампы	Мощность, Вт	Эритемная облученность на расстоянии 1 м, мэр/м²	Срок службы, ч	Размеры, мм	
				длина	диаметр
ЛЭ-15	15	35	5000	451,6	30
ЛЭ30-1	30	85	5000	908,8	30
ЛЭР-30	30	120	3000	908,8	30
ЛЭР-40	40	140	3000	1214,4	38

По времени воздействия эритемные установки делятся на установки длительного действия (облучение производится в течение всего рабочего дня ультрафиолетовым потоком небольшой интенсивности); кратковременного действия (облучение осуществляется в специальных помещениях — фотариях в течение нескольких минут при высоких уровнях эритемной облученности). По своему воздействию на организм человека облучательные установки длительного действия являются более эффективными, чем фотарии. Облучательные установки длительного действия проектируются совместно с осветительными; их выполняют двух видов: прямого и отраженного облучения.

В установках прямого облучения выходные отверстия облучателей направляются вниз и облучение осуществляется прямым потоком, а отраженного облучения облучатели направляют поток вверх на потолок и облучение производится потоком, отраженным от потолка. Применяемые облучатели должны иметь защитный угол 25° в поперечной и продольной плоскостях. Применение открытых ламп без отражателей не допускается.

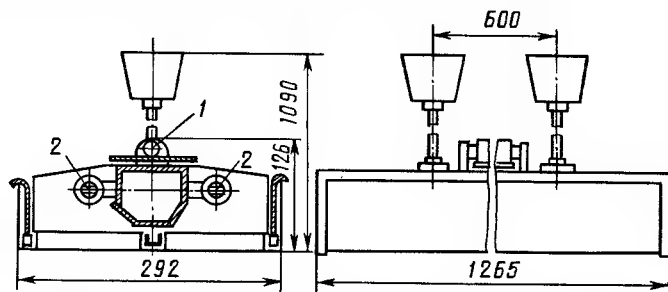


Рис. 7.1. Светильник ЛСО02-30/Р:

1 — эритемная лампа мощностью 30 Вт, 2 — люминесцентная лампа мощностью 40 Вт

Для помещений общественных зданий широко применяется светильник ЛСО 02×40 (1×30) Р с двумя люминесцентными лампами по 40 Вт и одной эритемной ЛЭ-30-1 мощностью 30 Вт, устанавливаемой над корпусом светильника для отраженного облучения (рис. 7.1).

Облучательные установки длительного действия должны создавать определенную облученность и дозу в соответствии с нормами. Нормируемые уровни эритемного облучения указаны в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Длительность облучения, ч	Облученность, мэр/м²			Доза за сутки, мэр·ч/м²		
	минимальная	максимальная	рекомендуемая	минимальная	максимальная	рекомендуемая
8	1,5	7,5	5,0	12	60	40

Установки длительного действия рекомендуется применять в производственных помещениях, в которых одновременно работает не менее 10 человек при условии, что на одного работающего приходится не более 6 м² площади помещения. При большей площади, приходящейся на одного человека, и меньшем числе работающих устройство установок длительного действия экономически неэффективно, и тогда целесообразно предусмотреть установку кратковременного действия.

Расчет облучательных установок длительного действия сводится к определению мощности, числа и размещения эритемных облучателей. Расчет эритемной облученности производится точечным методом аналогично расчету освещенности установок общего люминесцентного освещения.

Установки длительного действия не рекомендуется применять в цехах с интенсивным пылевыделением, а также в производственных помещениях с химически активной средой и материалами. При расчете установок отраженного света необходимо учитывать коэффициенты ультрафиолетового отражения различных материалов; из них наибольшие значения имеют следующие виды окраски: известковая побелка 0,3—0,4; меловая побелка — 0,4—0,8; белая силикатная краска — 0,5—0,6.

Эритемные облучательные установки кратковременного действия (фотарии) предусмотрены в зданиях, где устройство установок длительного действия недопустимо по производственным технико-экономическим или гигиеническим показателям.

В фотариях люди подвергаются кратковременному и интенсивному ультрафиолетовому воздействию в те же месяцы, что и при использовании установок длительного действия. Для фотарий установлены время действия и дозы облучения. Источниками облучения являются эритемные лампы, используемые в установках длительного действия.

Фотарии являются специальными технологическими установками и их проектированием проектировщики-светотехники не занимаются.

§ 7.5. Электрическая безопасность в осветительных установках

При нарушении изоляции и различных повреждениях оказаться под напряжением и стать источником опасности могут любые проводящие части осветительной установки. Опасным может стать прикосновение к металлическим корпусам светильников, аппаратов, защитным кожухам щитков, трансформаторов и различных коробок и т. д. Согласно требованиям ПУЭ все помещения в отношении поражения человека током разделяются на три группы.

1. Помещения с повышенной опасностью поражения током: сырые, имеющие токопроводящие полы или пыль; высокую температуру (свыше $+30^{\circ}\text{C}$), в которых, с одной стороны, не исключена возможность одновременного прикосновения рабочего к соединенным с землей металлоконструкциям здания, технологическим аппаратам, механизмам и т. д., а с другой — к металлическим корпусам электрооборудования.

2. Особо опасные помещения по поражению током, характеризующиеся одним из следующих показателей: особо сырые (влажность близка к 100%); химически активная среда, действующая разрушающе на изоляцию и токопроводящие части оборудования; одновременное наличие двух и более признаков, указанных в первой группе.

3. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, указанные в п. 1 и 2.

К «нормальным помещениям» согласно ПУЭ по условиям электробезопасности относятся сухие (относительная влажность не более 60%), нежаркие, непыльные помещения без химически активной среды. Однако и «нормальные» по электробезопасности помещения также могут быть разделены на помещения без повышенной опасности; с повышенной опасностью и особо опасные.

В нормативных документах основной мерой защиты от поражения током при прикосновении к проводящим частям установки, нормально не находящимся под напряжением, является их заземление или зануление. Это необходимо во всех помещениях, относящихся к категориям с повышенной опасностью и особо опасных; а также в наружных установках при напряжении осветительной сети более 42 В (при постоянном токе более 110 В); во взрывоопасных помещениях они требуются при любом напряжении.

В помещениях без повышенной опасности не следует заземлять или занулять металлические нетокопроводящие части электроустановок. В этих случаях при прикосновении к получившим напряжение металлическим частям ток через человека не достигает опасных значений. В то же время заземление или зануление всегда вносит дополнительную опасность при случайных одновременных прикосновениях к токоведущим и заземленным частям, которой в данном случае можно избежать.

Если устройство заземления или зануления невозможно или нецелесообразно, ПУЭ допускает обслуживание электрооборудования

с изолирующих площадок или устройство защитного отключения. Заземление и зануление осветительных установок должно выполняться в соответствии с требованиями ПУЭ и Инструкции по устройству сетей заземления и зануления в электроустановках. Защитное заземление применяется в сетях с изолированной нейтралью, где опасность прикосновения обуславливается сопротивлениями путей утечки, сопротивлением изоляции сети и ее емкостью.

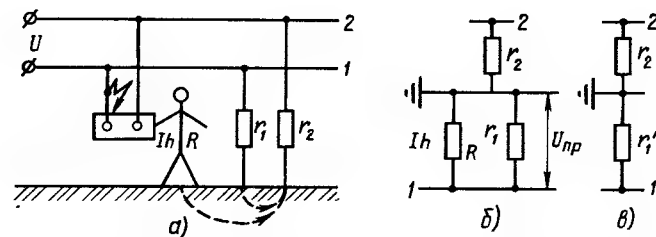


Рис. 7.2. Схема прикосновения к сети с изолированной нейтралью:

а — принципиальная; б, в — эквивалентные

В двухфазной сети (рис. 7.2) ток, проходящий через человека,

$$I_h = \frac{U r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2}, \quad (7.1)$$

а для трехфазной сети

$$I_h = \frac{\sqrt{3} U r_1 \sqrt{r_2^2 + r_2 r_3 + r_3^2}}{R(r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1) + r_1 r_2 r_3}, \quad (7.2)$$

где r_1, r_2, r_3 — сопротивления соответствующих фаз по отношению к земле, Ом; R — сопротивление тела человека, Ом; U — фазное напряжение сети, В; I_h — ток, проходящий через человека, А.

При r_2 или $r_3 = 0$ ток, проходящий через человека, в сетях однофазной

$$I_h = U/R, \quad (7.3)$$

трехфазной

$$I_h = (\sqrt{3} U)/R, \quad (7.4)$$

т. е. ток может достигнуть опасного значения.

Для устранения такой опасности применяется защитное заземление, т. е. преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей установки с заземлителем, имеющим определенное достаточно малое сопротивление растеканию r_3 (рис. 7.3). За счет введения параллельно R сопротивления r_3 уменьшается эквивалентное сопротивление r , и снижается возможное напряжение прикосновения $U_{пр}$ до значения $U_{пр} = I_3 r_3$, где I_3 — ток замыкания при аварийном пробое на корпус.

Исходя из допустимого значения $U_{пр}$, можно подобрать значение r_3 , обеспечивающее безопасность установки. Значение r_3 по действующим нормам не должно превышать 4 Ом. При этом значении r_3 практически обеспечивается безопасность в осветительных установках. Если проверка r_3 по условиям безопасности при переходе высшего напряжения в цепь низшего дает меньшее значение, то его и принимают. В наружных установках металлические опоры и стальная арматура железобетонных опор должны быть заземлены.

При устройстве заземлителей надо использовать естественные заземлители (металлические трубопроводы, обсадные трубы артезианских скважин и т. д.). Для сети заземления должны прокладываться специальные провода, а в удобных случаях использоваться естественные токопроводы (подкрановые пути, фермы, стальные трубы электропроводок и т. д.).

Сечения заземляющих проводников должны составлять не менее $1/3$ сечения фазных проводников, а при проводниках из разных металлов иметь проводимость не менее $1/3$ проводимости фазных проводников. Минимальные сечения составляют: 1) голые проводники при открытой прокладке:

алюминиевые — 6 мм²; медные — 4 мм². Стальные круглые проводники диаметром 5 мм; стальные трубы с толщиной стенки: водо-газопроводные — 2,5 мм; тонкостенные — 1,5 мм; 2) изолированные провода: алюминиевые — 2,5 мм²; медные 1,5 мм². 3) заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами: алюминиевые — 1,5 мм², медные — 1 мм². 4) в любых случаях можно не применять сечения больше 100 мм² для стали, 35 мм² — для алюминия и 25 мм² — для меди.

В сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью защитное заземление не применяется, так как при пробое на корпус оно не обеспечивает безопасного значения напряжения прикосновения и не в состоянии быстро ликвидировать опасное состояние установки. Вместо этого устраивают защитное зануление.

Если пренебречь сопротивлением фазного провода и переходным сопротивлением места замыкания, то ток замыкания при пробое на корпус и применении защитного заземления (рис. 7.4) можно определить по упрощенной формуле

$$I_3 = U_{\phi} / (r_n + r_3), \quad (7.5)$$

где r_n — сопротивление рабочего заземления нейтрали, Ом (его

значение по ПУЭ не должно превышать 4 Ом). Для обеспечения защиты в осветительных сетях напряжением 1000 В и более r_3 следует принимать меньше 4 Ом. В сетях 380/220 В при $r_n = r_3 = 4$ Ом получающиеся значения I_3 слишком малы ($I_3 = 27,5$ А) и не в состоянии обеспечить быстрое отключение аппаратов защиты. Следовательно, аварийный режим будет длительнее, причем в течение его $U_{пр}$ будет недопустимо большим (например, при $r_n = r_3$ значение $U_{пр} = 0,5 U_{\phi}$).

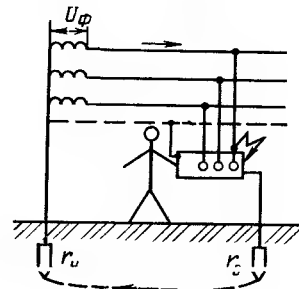


Рис. 7.4. К недопустимости применения защитного заземления в сетях с заземленной нейтралью

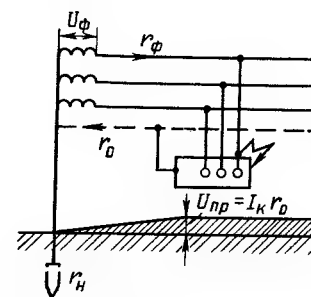


Рис. 7.5. Схема защитного зануления

В сетях с глухозаземленной нейтралью применяется не защитное заземление, а исключительно защитное зануление, т. е. преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей с заземленным нулевым проводом (рис. 7.5). При занулении пробой на корпус приводит к короткому замыканию сети через фазный и нулевой провода. Относительно малые сопротивления проводов обеспечивают большие токи замыкания и быстрое срабатывание аппаратов защиты, чем ликвидируется опасное состояние установки. Обеспечение быстрого отключения электрической сети при пробоях на металлические нетоковедущие части установки является основной идеей защитного зануления.

Расчет достаточности сечения проводов по условиям безопасности производят по формуле

$$I_k = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{(r_{\phi} + r_0)^2 + r_x^2 + r_t/3}} \geq I_{\text{ав}}, \quad (7.6)$$

где r_x — реактивное сопротивление петли фазный — нулевой провода, принимаемое для линий с проводами из цветных металлов из расчета 0,6 Ом/км; r_t — сопротивление трансформаторов, приведенное к напряжению низшей стороны для токов прямой, обратной и нулевой последовательностей; $I_{\text{ав}}$ — ток плавкой вставки предохранителя или уставки в автомате с тепловым расцепителем.

мных токов нагрузки, расчетную проверку обеспечения отключения сетей можно не производить.

Кратковременно, до отключения защиты на заземленных частях оборудования, могут создаваться опасные потенциалы, обуславливаемые соотношением сопротивлений фазного и нулевого проводов, определяемые в предельно неблагоприятном случае выражением

$$U_{np} = I_k r_0. \quad (7.7)$$

Теоретически, даже при равенстве сечений фазного и нулевого проводов, напряжение прикосновения имеет еще опасное значение $U_{np} = 0,5U_{\phi}$.

Практически в цехах с встроенными или близко расположенными подстанциями, достаточно насыщенными технологическим оборудованием, U_{np} при замыканиях на корпус не превышает 10—12 В вследствие дополнительной проводимости, создаваемой многочисленными связями с землей через зануленные металлические части электроустановок и имеющийся с ними электрический контакт и трубопроводы различных коммуникаций. Однако для удаленных от подстанции небольших объектов без водопровода U_{np} сохраняет опасное значение. Для снижения опасности эффективно устройство дополнительных местных очагов повторного заземления нулевого провода, выполняемых в виде контурного заземления. Одновременно можно рекомендовать устройство защитного отключения при появлении потенциала на корпусе зануленного оборудования. В отдельных случаях опасность устраняется устройством дополнительных связей с заземлителем нейтрали. Безопасность в сетях с заземленной нейтралью обеспечивается только при непрерывности цепи нулевого провода. Обрыв нулевого провода в осветительных установках приводит к выносу потенциала на заземленное электрооборудование через нить лампы или сопротивление нагревательного прибора (рис. 7.6) даже при отсутствии пробоя на корпус. Поэтому в цепи нулевого провода, когда он используется в качестве зануляющего, не применяются разъединяющие аппаратуры или аппараты защиты.

Для снижения опасности при возможном обрыве нулевого провода должно предусматриваться его повторное заземление r_n на концах

воздушных линий и ответвлений протяженностью более 200 м, а также в середине линии и ответвления длиной 500 м. Сопротивление каждого повторного заземления принимается не более 10 Ом. В худшем случае при одном повторном заземлении и обрыве

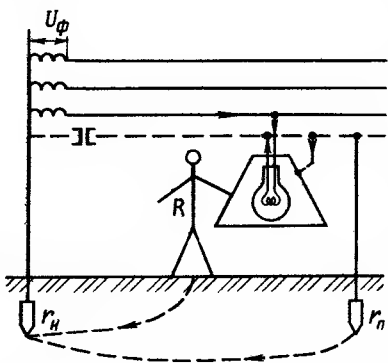


Рис. 7.6. Схема повторного заземления нулевого провода

нулевого провода напряжении прикосновения U_{np} на металлических частях электроустановок не будет превышать значения:

$$U_{np} = \frac{U_{\phi}}{r_n + r_0} r_n. \quad (7.8)$$

Для рабочего и повторных заземлений нейтрали рекомендуется использовать естественные заземлители, так же как при устройстве защитного заземления.

В производственных помещениях с нормальной средой (механические, сборочные и другие цехи) в групповых сетях 127—220 В в качестве нулевого провода рекомендуется использовать стальные трубы открытых электропроводок, тросы для подвешивания проводов, металлические корпуса открыто установленных токопроводов и металлические конструкции зданий, а также конструкции производственного назначения (фермы, колонны, подкрановые пути) или механизмов.

В качестве рабочих нулевых проводов использование естественных токопроводов не разрешается в помещениях взрыво- и пожароопасных, с сильно агрессивной средой (электролизные цехи, агломерационные фабрики и т. п.) или же когда эти токопроводы находятся в непосредственной близости от сгораемых частей здания или конструкций. Не используют такие токопроводы тогда, когда они осуществимы только на отдельных участках трассы (на спусках и подъемах). Для безопасности нулевой провод должен присоединяться обязательно к винтовой гильзе патронов для ламп накаливания, ДРЛ, МГЛ, натриевых высокого давления и т. д., а для заземления корпусов светильников при открытой прокладке незащищенных проводов необходимо предусмотреть специальную гибкую перемычку между заземляющим контактом светильника и нулевым проводом в месте его крепления на ближайшей опоре. Зануление корпуса присоединением к ответвлению, питающему данный светильник, недопустимо, так как при нарушении контакта в цепи данного нулевого провода корпус светильника находится под напряжением без какой-либо защиты (рис. 7.7), а внешние признаки указывают только на перегорание лампы и необходимость ее замены.

В линиях аварийного освещения, постоянно питаемых или переключаемых на питание от сети постоянного тока, для зануления используются нулевые провода близрасположенных линий рабочего освещения или прокладываются специальные проводники. Использовать для зануления нулевой провод аварийного освещения в данном случае нельзя, так как это приводит к заземлению одного из полюсов аккумуляторной батареи.

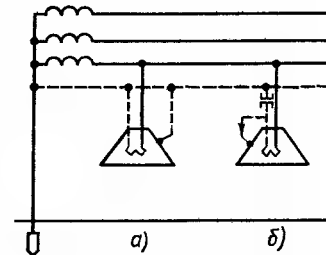


Рис. 7.7. Выполнение защитного зануления корпуса светильника: а — правильное; б — неправильное

Согласно СН 357—77 заземление или зануление корпусов светильников общего освещения должно выполняться в сетях: а) с заземленной нейтралью при вводе в светильник кабеля, защищенного провода, незащищенных проводов в трубе или металлорукаве или при скрытой проводке без труб — ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника; б) с заземленной нейтралью при вводе в светильник открытых незащищенных проводов — гибким изолированным проводом, присоединенным к заземляющему винту корпуса светильника и рабочему нулевому проводу у ближайшей к светильнику неподвижной опоры или коробки; в) с изолированной нейтралью при любых способах ввода в светильник — гибким проводом, присоединяемым к заземляющему винту корпуса светильника и заземляющему проводнику.

Корпус светильника с газоразрядными лампами при вынесенных пускорегулирующих аппаратах допускается заземлять или занулять перемычкой между заземляющими винтами пускорегулирующего аппарата и светильника.

Глава 8

ОСВЕЩЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

§ 8.1. Общие требования

В помещениях общественных зданий рекомендуется система общего освещения. Исключения составляют некоторые производственные помещения, где выполняются работы высокой точности (ремонт часов, телевизоров, радиоаппаратуры и т. д.), в которых применяется система комбинированного освещения (общее + местное). В этом случае за счет системы общего освещения на рабочем месте должно создаваться не менее 10% нормируемой освещенности.

Общее освещение в общественных зданиях должно, как правило, выполняться равномерным.

Локализованное освещение предусматривается в помещениях со стационарным крупным оборудованием (торговые залы магазинов, архивы, книгохранилища и т. п.); в выставочных помещениях с фиксированными плоскостями экспозиции, в помещениях, где рабочие места расположены группами, сосредоточенными на отдельных участках (пошивочные и ремонтные мастерские и т. п.); в помещениях, на различных участках которых выполняются работы различной точности, требующие разных уровней освещенности. Основные требования к осветительной установке должны обуславливаться прежде всего функциональным назначением помещения.

Лучше всего должны быть освещены рабочие поверхности (классная или аудиторная доска, столешница столов и парт в учебных зданиях, чертежная доска кульмана в конструкторских бюро, рабочий стол в административно-конторском помещении), а меньше — второстепенные поверхности (полы в проходах, вспомогательное оборудование и т. д.).

В любом помещении при выполнении норм по количественным и качественным показателям осветительных установок необходимо

использовать все имеющиеся возможности для повышения архитектурных качеств интерьера помня, что архитектура должна оказывать эстетическое воздействие во всем. При проектировании освещения архитектурные и светотехнические задачи должны решаться комплексно.

В зависимости от архитектурных требований к отделке помещения в нем могут применяться светильники определенного стиля или нейтральные. Архитектурно обработанные светильники используются в качестве активного элемента декора интерьера. Как правило, такие светильники требуют специального изготовления и резко повышают стоимость осветительной установки. Эти расходы могут быть компенсированы за счет сохранения других декоративных элементов интерьера. Даже в самой примитивной установке необходимо стремиться повысить ее эстетические качества, поэтому устройство освещения интерьеров является одним из элементов архитектурного решения.

Размещение светильников в установках архитектурного освещения определяется не только расчетными данными, но и архитектурно-художественными требованиями.

Возможности размещения светильников определяют конструктивным решением здания (система проемов, кессонов, балок). Архитектурно-художественные соображения определяют окончательный выбор типа светильников и их размещение.

Весьма существенным является выбор модуля (шага) при размещении светильников. Ритм размещения светильников должен быть увязан с ритмом архитектурным.

Требования к освещению архитектурных элементов интерьера должны учитывать, что в зависимости от способа освещения архитектурная форма воспринимается совершенно различно. Поверхность (потолок, пол) только тогда воспринимается плоской, если она освещена равномерно. Уменьшение яркости в центре потолка создает впечатление его провисания, а потолок, имеющий повышенную яркость в центре, воспринимается в виде свода.

Вогнутая или выпуклая поверхность в естественных условиях не бывает освещена равномерно. Поэтому равномерно яркий купол воспринимается не куполом, а плоскостью.

Усиливая яркость в центре, можно придать куполу кажущуюся большую кривизну, создать иллюзию повышения высоты помещения. Увеличение яркости по периметру вызовет ощущение понижения купола (обычно результат неправильного устройства световых карнизов).

Вертикально вогнутые членения (каннелюры, ниши и т. д.) также не должны освещаться равномерно. Односторонние мягкие тени способствуют правильному восприятию их формы. Например, при системе отраженного освещения пилястры почти незаметны и дорогостоящая отделочная работа оказывается бесполезной. При подвеске редко расположенных светильников создаются односторонние тени, блики, что хорошо выявляет раскреповку пилястр и способствует восприятию их формы и фактуры.

Освещение кессонов потолка является сложной задачей. При системе крупных кессонов, когда число светильников можно принять равным их числу, она решается удовлетворительно. Если же кессоны мелкие, то светильники, размещенные через 2–3 кессона, неизбежно создадут в промежутках между ними неприятные тени. Наилучшего результата можно достигнуть при освещении кессонированного потолка напольными светильниками, установленными в соответствии с модулем кессонов. Для освещения настенного декора (фризов, лепки) рекомендуется неравномерное распределение яркости — снижение ее сверху вниз.

Поэтому при наличии декоративных поясов в верхней части стен желательно, чтобы светильники располагались непосредственно у потолка или применялась система отраженного освещения. При малом рельефе лепной отделки отраженное освещение ухудшает восприятие лепки.

Особо выбирают освещение для помещения, в котором находится скульптура. Для выявления формы и фактуры скульптурных произведений освещение должно создавать мягкие односторонние тени, направленные под некоторым углом сверху вниз.

Освещением можно усилить или ослабить впечатление от основной идеи интерьера. Оно влияет на настроение человека под воздействием архитектурных форм.

Парадное освещение театрального или дворцового зала создает соответствующее настроение, усиливает впечатление праздника. Подсветкой свода можно создать иллюзию большой высоты помещения и наоборот: цветовая гамма играет важную роль и в восприятии интерьера. Применение люминесцентных ламп в фальшивых проемах стен и потолков может создать впечатление яркого солнечного дня в здании, лишенном естественного света.

Совместная работа архитектора и светотехника проходит в такой последовательности. В соответствии с архитектурным замыслом выбирают систему освещения и источник света. Ориентировочно определяют мощность ламп и рассматривают варианты размещения светильников различных классов и типов. Проверяют целесообразность и возможность устройства встроенных, а также применения стандартных светильников. При этом учитывают, что изготавливать специальные светильники можно только для уникальных объектов или при отсутствии подходящих стандартных, затем производят окончательный выбор светильников.

В последнее время для архитектурно-художественного освещения распространены светильники прямого света, используемые при освещении картинных галерей (Эрмитаж в Ленинграде, новое здание Третьяковской галереи в Москве и т. д.). Достоинствами этих светильников являются их малая стоимость, хорошее экранирование источников света. Широко применяются зеркальные люминесцентные светильники. Зеркальные отражатели позволяют направить основную часть светового потока на нижнюю часть стен с картинами и обеспечивают равномерное освещение всех экспонатов. В ряде случаев светильники прямого света желательно

«утопить» в потолке. Все большее распространение получают световые потолки. Световые проемы в потолках начали использовать для естественного освещения очень давно. С развитием строительной техники и повышением требований к освещению размеры проемов постепенно возрастали, и теперь часто потолок светится полностью. При этом возникает возможность легко скрыть источники искусственного света за рассеивателями. Часто встречаются светящиеся потолки искусственного света, а естественное освещение осуществляется только через боковые светопроемы. В помещениях общественных зданий наиболее распространенными и достаточно экономичными являются светильники рассеянного света, создающие приблизительно равномерное распределение яркости в помещении в зависимости от коэффициентов отражения стен и мебели. Для обеспечения достаточной яркости верхней части стен и потолка необходимо, чтобы доля светового потока, направляемая в верхнюю полусферу, составляла не менее 30–50%.

Применение люминесцентных ламп в светильниках рассеянного света позволяет получить значительно меньшую яркость рассеивателей, чем при лампах накаливания. Для освещения вертикальных поверхностей люминесцентные лампы устанавливают в вертикальной плоскости.

К светильникам рассеянного светораспределения относятся и различные световые устройства, встроенные в стены: окна, ниши, и т. п. С помощью световых окон с люминесцентными лампами легко создать иллюзию дневного освещения, особенно в помещениях, расположенных под землей.

Глубина световых окон обычно ограничена по строительным соображениям, а их слепящее действие сказывается сильнее, чем при устройстве светового потолка той же яркости. Поэтому яркость световых окон не должна превышать $250\text{--}500\text{ кд/м}^2$ и только в благоприятных условиях (светлый окружающий фон) — 1000 кд/м^2 .

При устройстве световых окон большое значение имеет расположение ламп. Необходимо наиболее равномерно распределять яркость на светящейся поверхности окна; этого можно достигнуть, удаляя лампы от рассеивателя и сокращая расстояния между ними. Хороший результат дает использование ниш отраженного света (рис. 8.1).

Светильники отраженного света по ограничению слепящего действия во многих случаях полностью исключают блескость и практически не создают теней. Эксплуатация установки отраженного освещения сложнее и дороже по сравнению с установками прямого и рассеянного освещения. Потребляемая мощность при отраженном освещении возрастает в два-три раза по сравнению с мощностью прямого освещения, но иногда отраженное и рас-

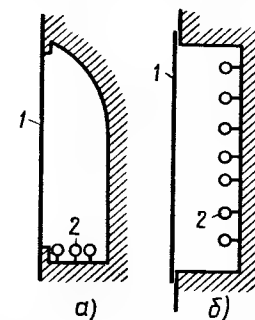


Рис. 8.1. Световые окна: а — световая ниша; б — витраж; 1 — остекление; 2 — лампа в коробчатом горбыле

сеянное освещение по мощности оказывается равноценным. Некоторую монотонность отраженного освещения можно устранить с помощью дополнительных светильников другого светораспределения или специальных декоративных. Следует заметить (хотя нормы этого и не учитывают), что при устройстве отраженного освещения для создания некоторого уровня видимости достаточна значительно меньшая освещенность, чем при прямом и рассеянном освещении.

§ 8.2. Архитектурно-художественное освещение, выполненное световыми карнизами и потолками

Архитектурное освещение светящимися поверхностями равномерной яркости, выполняют в виде установок отраженного света или светящихся панелей. К ним предъявляются требования: обеспечение заданного уровня освещенности в расчетной плоскости; равномерное распределение яркости по светящей поверхности и в поле зрения.

Обеспечение этих требований определяется размещением светящихся поверхностей в поле зрения, а также расположением источников света или светильников относительно отражающей поверхности в установках отраженного света или относительно рассеивателя в светящихся панелях. В осветительных установках отраженного света со световыми карнизами основными отражающими поверхностями являются потолок и часть стен, расположенная выше уровня карниза. В таких установках выполнение первого требования определяется равномерностью распределения яркости вдоль светящего карниза, значительно меньшие требования к распределению яркости предъявляются в направлении перпендикуляра к светящему карнизу.

Выполнение второго требования включает также экранирование источников света и светильников, используемых в карнизах, по отношению к полю зрения наблюдателя, находящегося в освещаемом помещении.

Установки отраженного света можно выполнять в виде светящего потолка, отдельных светящих ниш, расположенных в плоскости потолка или стен.

Световые карнизы размещаются вдоль четырех стен помещения или двух продольных на определенном расстоянии от потолка.

Значение к. п. д. осветительной установки отраженного света зависит от коэффициентов отражения карниза, потолка и стен помещения, расположенных выше карниза, а также его формы (карниз должен быть достаточно широким и по возможности мелким). При этом лампы и другое оборудование карнизов следует располагать ниже визирной линии (рис. 8.2), т. е. линии, проведенной через верхний край козырька карниза и глаз человека, расположенного в наибольшем удалении от карниза. Кроме того, козырек карниза не должен экранировать прямых лучей, падающих на потолок от лампы или светильника, т. е. располагаться ниже створной линии, соединяющей нижнюю точку светящего элемента лампы или светильника (трубки люминесцентной лампы, нити лампы

накаливания) с противоположным краем потолка, или при наличии двусторонних карнизов — с продольной осевой линией потолка (дополнительная створная линия).

Равномерность распределения яркости по отражающей поверхности зависит: от типа источников света (светильников)



и их размещения в световом карнизе; ширины помещения $\mathcal{L}$, высоты размещения потолка над световыми карнизами (над световым центром лампы) h , от типа светового карниза (одно- и двусторонний, замкнутый); расстояний: центра ближайшей лампы до стены a ; между световыми центрами соседних ламп l ; рядами люминесцентных ламп (их осями) c ; максимального расстояния от карниза до стены f ; сдвига патронов соседних рядов люминесцентных ламп e (рис. 8.2 и 8.3).

Люминесцентные лампы обычно монтируют на панелях, где установлены ПРА, патроны и стартерные колодки. Отражателями являются панель, поверхность карниза, стена и потолок. Требуемая равномерность распределения яркости обеспечивается при соотношениях $\mathcal{L}/h \leq 5$ при двусторонних карнизах и $\mathcal{L}/h \leq 2$ — при одностороннем. Для увеличения этих соотношений применяются плоские зеркальные вставки, которые позволяют увеличить указанные соотношения до 7 и 3. Расположение и размер зеркальной вставки определяют согласно рис. 8.4.

Створная линия составляет угол α с горизонталью, проведенной через центр лампы. Края зеркальной пластины определяются построением (рис. 8.4), где углы α и β образуются пересечением касательных к лампе с основанием карниза. При этом минимальная ширина зеркала определяется параллельными прямыми AB и CD , максимальная CE — углом β . Увеличение размера зеркала до CE означает, что сила света будет усилена в пределах более широкого угла. Зеркало не должно быть видно с любых точек наблюдения в помещении. Лучшие результаты достигаются при использо-

вании криволинейных зеркал или зеркальных светильников (рис. 8.5). Значительно проще создать требуемое распределение яркости при наличии сферических или цилиндрических сводов. В этом случае удовлетворительное распределение яркости наблюдается при любых расстояниях h от карниза до основания свода (рис. 8.2),

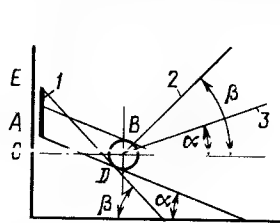


Рис. 8.4. Световой карниз с зеркальной вставкой:

1 — зеркало; 2 — направление к четверти ширины потолка; 3 — направление на удаленный край или центр потолка.

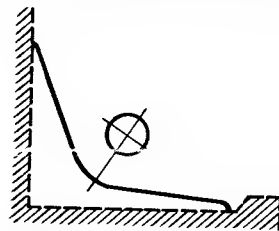


Рис. 8.5. Зеркальный отражатель для карнизов

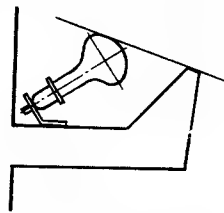


Рис. 8.6. Установка в карнизах зеркальных ламп

так как при этом отпадает необходимость создания равномерного распределения яркости. Достаточная равномерность распределения яркости тогда обеспечивается при соотношении $h/a \leq 3,5$. Даже при его увеличении распределение яркости допустимо, однако увеличение ведет к резкому снижению коэффициента использования. Расстояние от лампы до стены a при однорядном расположении ламп должно находиться в пределах 120—150 мм, при многорядном не менее 75 мм. Для избежания при многорядном расположении ламп возможного снижения яркости стены напротив разрыва между ними используется сдвиг патронов разных рядов ламп на 80—100 мм одной относительно другой по длине карниза.

Зеркальные лампы глубокого светораспределения применяются при карнизном освещении и позволяют создавать равномерное распределение яркости по поверхности потолка освещаемого помещения ближе к его центру, что особенно важно для широких помещений. Недостатком применения этих ламп является наличие ярких пятен, создаваемых ими на потолке вблизи карниза, для исключения которых необходимо располагать карниз возможно дальше от потолка, при $h \geq 1,5$ м. Для сокращения ширины карниза f патроны ламп следует устанавливать возможно ближе к стене. Оптическая ось лампы должна быть направлена на противоположный край потолка как при одностороннем, так и при двустороннем расположении карнизов (рис. 8.6). Соотношение L/h при зеркальных лампах и двустороннем расположении карниза увеличивается до 7,5. Зеркальные лампы устанавливают со значительными разрывами, достигающими 2 м. Поэтому при их использовании применяется одиночная установка патронов на скобах, обеспечивающих регулирование угла наклона лампы.

Лампы накаливания общего применения также используются в карнизах. Требования, изложенные относительно применения люминесцентных ламп, справедливы и для ламп накаливания.

Расстояния от стены a желательно по возможности увеличить, минимальное значение a принимается равным 150 мм. Использование ламп в матированной колбе незначительно повышает равномерность распределения яркости. Максимальное отношение l/h не должно превышать 1,5. При горизонтальном расположении ламп в карнизе l/h допускается увеличивать до двух при лампах в прозрачной колбе. Минимальная мощность ламп, применяемых в карнизе, 40—60 Вт. Так как лампы повышенной мощности имеют более высокую световую отдачу, их использование предпочтительно.

К. п. д. карниза с обычными лампами накаливания или с люминесцентными находят по формуле, учитывающей форму свода

$$\eta_k = 1 - \xi \frac{1 - \rho}{1 - \rho \left(1 - \frac{S_{\text{вых}}}{S} \right)}, \quad (8.1)$$

где ξ — доля потока источников света, падающая на отражающую поверхность карниза; ρ — коэффициент отражения поверхности карниза; $S_{\text{вых}}$, S — площадь выходного отверстия и отражающей поверхности карниза.

Практика расчета и эксплуатации карнизов показала, что к. п. д. карнизов имеет значение, близкое к 0,6. Его рекомендуется принимать равным 0,5, учитывая в карнизах наличие проводов и плохо отражающих конструктивных частей. При карнизном освещении коэффициент η , характеризующий неравномерность освещения, не учитывается, так как этот вид освещения создает достаточно высокую равномерность и рассчитывается на среднюю освещенность.

Широко распространены световые потолки в виде сплошной светящей поверхности или световых полос. Для светящих поверхностей используются источники света, установленные в коробе, перекрытом рассеивателем (молочным органическим стеклом), или светильники, расположенные в чердачном помещении над рассеивателем такого же типа. Выбор типа светящей поверхности определяется ее размерами и строительными особенностями освещаемого помещения.

При ширине светящей панели, превышающей 2 м, и достаточной высоте над рассеивателем целесообразно использовать светильники, так как это увеличивает к. п. д. светового устройства. Основное требование к светящим поверхностям заключается в равномерном распределении яркости по ним. Предельно допустимой величиной яркости для светящего потолка следует считать 2000 кд/м² в высоких и 1000 кд/м² в низких помещениях (при высоте менее 6 м). Равномерное распределение яркости по светящему потолку благоприятнее воспринимается глазом.

При наличии над световым потолком высокого чердака часто применяются светильники прямого света с люминесцентными, реже с лампами накаливания, подвешиваемые над светящей поверхностью потолка. Расположение светильников или рядов светильников должно быть таким, чтобы обеспечивалось равно-

мерное распределение яркости по светящему потолку. Для выполнения этого условия наибольшее относительное расстояние между соседними светильниками или их сплошными рядами не должно превышать значений, указанных в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Светильник	Кривая силы света	Отношение l/h	
		рекомендуемое	допустимое
Точечный	Глубокая	0,7	0,9
	Косинусная	1	1,5
	Равномерная	1,2	1,8
Линейный	Косинусная	1,2	1,8
	Равномерная	1,4	2,4

При подвесных потолках лампы обычно устанавливают без арматуры, роль отражателя выполняет побеленная поверхность несущего перекрытия. Такое устройство удобно применять с люминесцентными лампами. Для светящего потолка или светящих полос следует использовать светильники прямого света.

Светильники с люминесцентными лампами устанавливают сплошными рядами над органи-

ческим рассеивающим стеклом панели. На чердаке светильники можно крепить непосредственно к кровле, подвешивать на тросах или устанавливать на металлических стойках, используемых и для натяжки проводов электрической сети. Для обслуживания осветительной установки на чердаках над остеклением устраивают переходные мостики, по которым можно подойти к любому светильнику. Мостики, расположенные близко к остеклению, могут создавать затенение под ним, а расположенные на достаточной высоте над остеклением, мало удобны для обслуживания светильников. Поэтому используются передвижные мостики или просто укладываются деревянные трапы на время обслуживания светильников. При обслуживании светящего потолка из помещения органическое стекло рассеивателя, имеющее малый вес, легко сдвигается в сторону.

Кроме молочного органического стекла применяют рифленые рассеиватели. При большой мощности ламп, размещенных в световом потолке, выделяется значительное количество теплоты, для устранения которой необходимо устройство вентиляции чердака или полости, где размещены лампы.

Наравне с рассеивающим свет органическим стеклом используют экранирующие решетки, при которых наблюдается значительно меньшая температура воздуха в зоне расположения ламп. Решетки изготовляют литьем из различных пластмасс или собирают из отдельных элементов (рис. 8.7). Для литья используется полистирол прозрачный или затуманенный, литьевое оргстекло и другие материалы.

Экономичность осветительного устройства мало зависит от материала решетки и соотношения его коэффициентов пропускания и отражения. Значение имеет только коэффициент поглощения. Определяющим при расчете размеров элементов решетки является заданный защитный угол, который для помещений общественных

зданий принимается равным 30 и 45°. Решетки с углом в 45° лучше экранируют лампы и другие монтажные элементы, они имеют более декоративный вид, хотя и понижают к. п. д. установки. Так как защитный угол в основном определяется отношением высоты и ширины элемента решетки, то при изменении этих

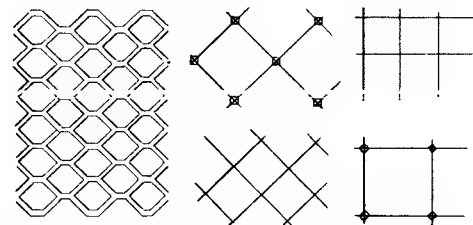


Рис. 8.7. Различные виды экранизирующих решеток

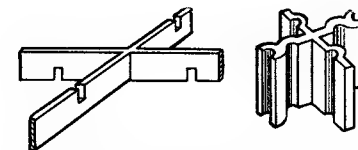


Рис. 8.8. Элементы ячеек решеток

элементов в равном отношении величина защитного угла остается постоянной, к. п. д. светового потолка также не изменяется. Это позволяет требования к размерам элементов решетки выбирать по архитектурным и конструктивным показателям. На рис. 8.8 показаны элементы ячеек решеток; размер ячеек 80×100 мм, высота планок 70 мм, защитные углы 35—41°. Необходимо помнить, что мелкие ячейки создают концентрированное светораспределение, более крупные и высокие — широкое.

Основным требованием к взаимному расположению ламп и решеток является равномерное распределение яркости по поверхности решетки, для этого необходимо, чтобы каждая планка решетки была освещена с двух сторон. При соблюдении этого требования и обеспечении защитных углов решетка может иметь любой произвольный рисунок, что создает широкое поле деятельности архитектора для создания самых разнообразных решеток.

§ 8.3. Освещение лечебных учреждений

В лечебных учреждениях освещение помимо обеспечения условий работы медицинского персонала должно создавать такую психофизиологическую световую среду, которая способствовала бы выздоровлению больных.

Основные нормативные требования к проектированию и устройству освещения изложены в СНиП II-69—78 «Лечебно-профилактические учреждения». В электротехническом разделе этого документа приведены уровни освещенности и качественные показатели осветительных установок для помещений лечебно-профилактических учреждений.

Основные помещения больниц: кабинеты врачей, палаты, операционные и перевязочные.

В больницах наибольшая площадь отведена под палаты, в поликлиниках — под кабинеты врачей. Палаты являются местом постоянного пребывания больных, причем больные значительное время находятся в лежачем положении. Поэтому при проектировании освещения палат необходимо предусматривать, чтобы

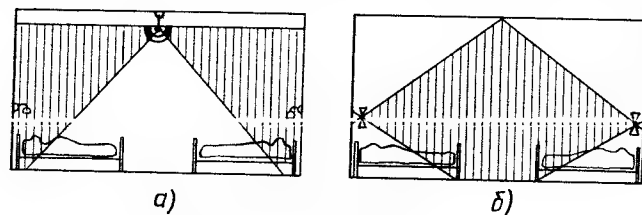


Рис. 8.9. Освещение палаты:

а — потолочным и местным светильниками; б — комбинированными прикроватными

пятна повышенной яркости (источники света и блестящие части светильников) не попадали в поле зрения больных.

Схема распределения света показана на рис. 8.9, а, б. При таком распределении световой поток направляется на потолок и вниз в центр комнаты, а зона изголовий кроватей остается затененной. Дополнительно над кроватями на стенах устанавливаются светиль-

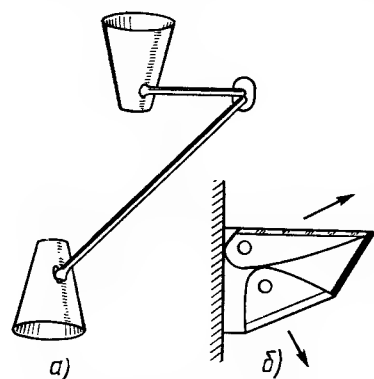


Рис. 8.10. Настенные прикроватные светильники:

а — с лампами накаливания; б — с люминесцентными

ники также с непрозрачными отражателями (рис. 8.10). Каждый светильник состоит из двух непрозрачных отражателей, свет одного направлен на потолок для общего отраженного освещения, другого — для местного освещения изголовий. Удобны светильники для местного освещения, прикрепляемые непосредственно к кровати (рис. 8.11), которые можно использовать как переносные при осмотре больного. Светильники, изображенные на рис. 8.10 и 8.11, дают возможность больным читать в лежачем положении. Для освещения палат следует предусматривать светильники общего освещения, установленные в центральной части потолка, вместе со светильниками, установленными у изголовья.

К требованиям по освещению операционных относятся создание высоких уровней освещенности и одновременно исключение на операционном столе теней от рук и головы хирурга. При этом не допускается тепловой нагрев оперируемого и головы хирурга. В нашей стране для освещения операционных широко распространены светильники типа «Свет 15» (рис. 8.12), в которых каждый источник света перекрыт теплопоглощающим фильтром. Такие

светильники обеспечивают на операционном поле освещенность порядка 10—15 клк. Освещенность можно регулировать, изменяя расстояние от светильника до больного. Часто в клиниках производится телевизионный показ операций для студентов; применяемые осветительные установки должны обеспечивать возмож-

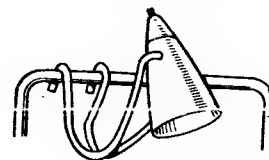


Рис. 8.11. Кроватный светильник для палат

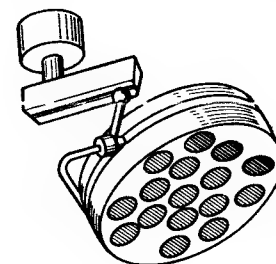


Рис. 8.12. Бестеновой светильник «Свет 15»

ность получения хороших и четких изображений при телепередачах. Кроме специального операционная должна иметь общее освещение, создаваемое светильниками рассеянного света, встроенными в потолок для уменьшения их запыления.

В операционной необходимо предусматривать аварийное освещение, обеспечивающее возможность продолжения операции при аварийном отключении рабочего освещения. В многоламповых светильниках типа «Свет» часть ламп включается в сеть аварийного освещения. Питание такого освещения осуществляется от аккумуляторных батарей, на которые автоматически переключается сеть аварийного освещения при аварии с основным источником электроснабжения.

Освещение кабинетов врачей должно обеспечивать наилучшие условия для установления диагноза. В практике проектирования принята система отраженного, полупотраженного или рассеянного света. Местное освещение удобно в специализированных кабинетах: глазных, кожных, урологических и т. д. Это освещение в рентгеновском кабинете устанавливается на столе врача и рентгено-техника, кроме того, там должно быть световое устройство для просмотра снимков на просвет. В кабинетах врачей рекомендуется обязательное использование люминесцентного освещения с лампами типа ЛДЦ, которые не только создают световой комфорт, но и облегчают диагностику болезней, когда симптомом заболевания является изменение цвета кожи, раствора и т. п.

§ 8.4. Освещение школ

Освещение школьных классов значительно влияет на формирование организма школьника. Важную роль играют и качественные характеристики освещения (не только выполнение требований по дискомфорту и пульсации, предусмотренные нормами). На правильное распределение яркости на деке парты и классной доске

влияет и распределение яркости по помещению, определяемое коэффициентами отражения, фактурой и цветом поверхностей потолка, стен, парт, пола и т. д. Эти показатели оказывают также влияние и на освещенность рабочих поверхностей.

Создание комфортной световой среды возможно только при соблюдении ряда общих технических требований. Рекомендуемые

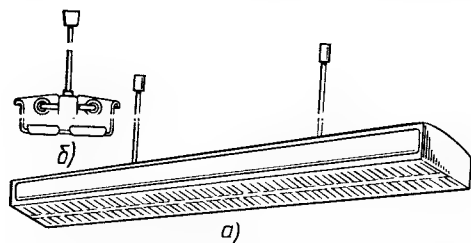


Рис. 8.13. Светильники для освещения школьных классов:
а — ЛСО02; б — ЛПО01

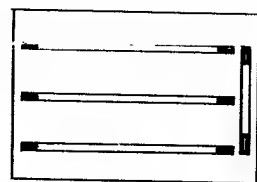


Рис. 8.14. Типовое расположение светильников в школьном классе

коэффициенты отражения потолка, стен и пола должны быть соответственно не менее 70, 50 и 30%. Классная доска и деки парт также не должны быть темными. Экспериментально определены соотношения между яркостями поверхностей, находящихся в поле зрения учащихся: так соотношения яркостей между тетрадью, книгой и декой парты должно быть не более 3:1; тетрадью, книгой и дальним фоном (стеной, полом) 10:1; светильником и его фоном 20:1 и любыми элементами в поле зрения 40:1.

Для создания комфортных условий среды из поля зрения учащихся необходимо полностью исключить зеркально отражающие поверхности.

Для освещения классных аудиторий обычно применяется люминесцентное освещение с лампами типа ЛБ, как наиболее экономичными. В кабинетах рисования, лепки и т. п., где существенной является цветопередача, рекомендуется применять лампы ЛДЦ, ЛЕ. Для освещения классов рационально использование светильников рассеянного света типа ЛСО02 и ЛПО01 (рис. 8.13).

На рис. 8.14 показаны типовое расположение светильников в классе. Ряды светильников размещены непрерывными светящимися линиями, параллельными стене со светопроемами. Для освещения классной доски устанавливаются специальные светильники: ЛПО-12 (на кронштейнах над доской) или светильники ЛПО-13 на потолке, обеспечивающие требуемую освещенность на вертикальной плоскости доски. Для освещения школьного спортивного зала следует применять светильники, имеющие защитную решетку, обеспечивающую защиту источников света от удара мячом. При освещении школ, расположенных на Крайнем Севере или в Заполярье, следует предусматривать облучение школьников ультрафиолетом. Это осуществляется применением для освеще-

щения классов светильников типа ЛПО02, имеющих на корпусе эритемную лампу типа ЛЭР-30, ориентированную на потолок.

§ 8.5. Освещение проектных и административных зданий

В помещениях административных и проектных зданий работает большое количество людей и выполняется напряженная зрительная работа, поэтому к осветительным установкам в таких помещениях предъявляются высокие требования. При конторской и чертежной работе большое значение имеет распределение яркости в поле зрения и устранение отраженной блескости, которая возникает на полированной поверхности столешницы, кальке или глянцевой бумаге. Поэтому при выборе расположения светильников необходимо учитывать расположение рабочих поверхностей.

В настоящее время для освещения проектных и конторских помещений используется система общего освещения с применением люминесцентных ламп, одним из положительных качеств которых является сравнительно малая яркость, позволяющая успешно бороться с прямой и отраженной блескостью.

Система отраженного освещения является наиболее благоприятной с точки зрения снижения блескости и распределения яркостей в поле зрения. Однако она имеет низкую экономичность и поэтому не применяется в практике проектирования. В действующих и проектируемых осветительных установках используют устройства отраженного или рассеянного, иногда даже прямого света при светлой отделке помещения и мебели. Практика освещения общественных зданий позволила заключить, что большего светового комфорта можно достичь, используя систему общего, а не комбинированного освещения. Светильники размещают на потолке таким образом, чтобы обеспечить многостороннее освещение рабочих столов при основном направлении света сверху вниз из-за спины чертежника.

В помещениях чертежных, оборудованных вертикально расположенными чертежными досками, светильники размещают вдоль помещения по проходам, что ограничивает отраженную блескость, но при этом наличие рассеивателя является обязательным.

Применение в конторских помещениях общего освещения и диффузно отражающих столешниц столов позволяет создать комфортную световую среду. В этих случаях возможно как продольное, так и поперечное размещение светильников. Поперечное размещение светильников часто выбирают по архитектурным и конструктивным решениям помещения (например, наличие балок). Продольное параллельно стене с окнами выбирают при значительной глубине заложения помещения. Это позволяет включением наиболее удаленного от окон ряда светильников обеспечивать необходимые для работы освещенности для зон помещений с недостаточным естественным освещением.

В конторских помещениях, где устранение бликов не вызывает особых затруднений, рекомендуется использовать светильники массового ассортимента: при высоте помещения до 3 м — пото-

лочные светильники с рассеивателями, при большей — подвесные рассеянного света.

Организация световой среды в машинописных бюро имеет специфические особенности. Они заключаются в наличии быстро движущихся частей печатных машинок, а также частом и быстром изменении линии зрения — переводе зрения с машинки на рукопись и обратно, что требует ужесточения требований к ограничению пульсации освещенности.

Кроме того, части машинки, особенно клавиатура, имеют большую зеркальную составляющую в отражении, что может привести к наличию блескости. Ограничение пульсации освещенности можно достигнуть, применяя компенсированные пускорегулирующие аппараты в светильниках и включая поочередно рядом стоящие светильники в разные фазы сети трехфазного тока. Ограничение отраженной блескости достигают выбором взаимного расположения пишущих машинок, светильников и линии зрения машинисток.

В книгохранилищах, архивах, где основным оборудованием являются шкафы и стеллажи, необходимо освещать вертикальные плоскости почти на уровне пола, где находятся нижние полки. Расстояние между стеллажами или шкафами редко превышает 1 м. В современных архивах применяются подвижные стеллажи, расположенные вплотную друг к другу и передвигаемые по направляющим при необходимости. Создание вертикальной освещенности при малом выносе светильника по отношению к освещаемому стеллажу предоставляет значительные трудности. Наилучший результат можно получить при использовании зеркальных люминесцентных светильников типа «Кососвет», направляющих основной световой поток на вертикальную плоскость. Схематическое расположение светильника относительно освещаемых стеллажей показано на рис. 8.15. Можно применять светильники ЛПО-13 на потолке по линии проходов между стеллажами.

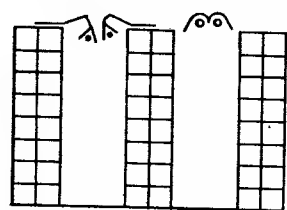


Рис. 8.15. Освещение шкафов и стеллажей

Для повышения освещенности на нижних полках стеллажей имеют значение световые потоки, отраженные от пола, поэтому желательно иметь светлые полы с высоким коэффициентом отражения. Для освещения книгохранилищ применяются маломощные зеркальные лампы накаливания с резко выраженным максимумом кривой силы света. Использование их рационально, так как при направлении максимума излучения на нижнюю полку создается нормируемая освещенность по всей высоте стеллажа. В помещениях книгохранилищ, архивов запрещается применение переносных светильников, удлинителей, штепсельных соединений и т. д. Электрическая сеть в этих помещениях должна полностью отключаться на нерабочее время (выключатели следует располагать за пределами освещаемого помещения).

§ 8.6. Освещение магазинов

Торговые залы магазинов предназначаются для показа и продажи товаров. Основными объектами для освещения в них являются прилавки и открытые витрины. Светильники желательно располагать близко к витринам и прилавкам. Для освещения прилавков, стенов и шкафов применяют зеркальные светильники с лампами накаливания и шарнирным креплением (рис. 8.16). Благодаря шарнирам у таких светильников можно изменять направление максимальной силы света, что позволяет создавать на прилавках и стендах высокие уровни освещенности.

Для освещения торговых залов магазинов распространены люминесцентные светильники. Их рекомендуется располагать непосредственно над прилавками и у открытых витрин с товарами. Светильники с рассеивающими решетками защищают глаза покупателей и продавцов от слепящего действия источников света и ярких частей отражателя.

Оптимальным является равномерное умеренное освещение торгового зала отраженным светом и повышенное освещение прилавков и полок лампами небольшой мощности. При этом светильники располагают таким образом, чтобы источники света не попадали в поле зрения покупателей.

Для витрин готового верхнего платья, расположенных в вертикальных плоскостях, требуемые уровни освещенности обеспечиваются при использовании светильников прямого света, создающих высокие освещенности в вертикальной плоскости. Особое внимание обращается на освещение примерочных кабин в магазинах. Светильники в них удобно устанавливать на потолке или стенах выше зеркала. На потолке светильники устанавливают так, чтобы свет на покупателя падал спереди под углом 30—40° на уровне груди. Лучше освещать кабину применением светового потолка небольшой яркости порядка 3000—4000 кд/м².

Выбор источников света для торговых залов магазинов основывается на хорошей цветопередаче. На цветность источников света следует обращать внимание при освещении продуктовых магазинов по продаже мяса, фруктов, кондитерских изделий и т. п. Эти требования можно удовлетворить при использовании люминесцентных ламп типа ЛДЦ, ЛБЦТ. В ювелирных, а также в магазинах по продаже хрусталя и художественного стекла более пригодны лампы накаливания, так как они вызывают «игру» света в бриллиантах, драгоценных камнях, полированном драгоценном металле, что способствует лучшему показу товаров. В булочных, магазинах по продаже хозяйственных товаров и т. д. цветность излучения источников света не является основным требованием, и поэтому выбирать источники света можно по минимуму приведенных затрат.

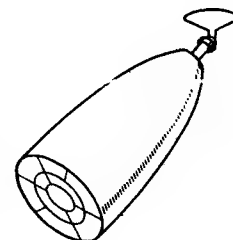


Рис. 8.16. Светильник с зеркальной лампой и шарнирным креплением

Особо строгие требования предъявляются к эвакуационному освещению торговых залов магазинов и выходов из них из-за наличия большого количества людей и материальных ценностей. Устройство эвакуационного освещения следует предусматривать в торговых залах площадью 90 м² и более, а также на путях эвакуации из помещений с общей площадью 90 м², во всех залах с самообслуживанием и транспортных тоннелях. Питание эвакуационного освещения больших магазинов должно осуществляться от независимых источников питания типа аккумуляторных батарей.

В небольших магазинах аварийное освещение может питаться от отдельной сети, начиная с главного щита, при возможности отдельного ввода. При общей площади торговых залов 180 м² и более, а также в магазинах самообслуживания площадью 110 м² и более выходы должны быть отмечены световыми указателями.

Глава 9 НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ

§ 9.1. Единство светового облика города

Осветительные установки в городах, поселках городского типа и сельских населенных пунктах должны обеспечивать не только требования безопасности движения транспорта и людей, но и быть частью гармонической композиции вечернего облика города.

В искусственном освещении города различаются отдельные элементы, действующие совместно, большей частью одновременно, активно влияющие друг на друга и зависящие один от другого, которыми являются: освещение проезжей части города; световые указатели, сигнализация; освещение архитектурных сооружений (малые формы архитектуры, монументы, зеленые насаждения и т. д.), информационное и рекламное освещение (освещение витрин магазинов, ресторанов и различных учреждений культуры и отдыха). Праздничное освещение тоже взаимодействует с другими элементами освещения города. Освещение улиц и прилегающих к ним тротуаров осуществляется не только светильниками уличного освещения: значительная часть светового потока на них попадает и от светильников архитектурного освещения фасадов зданий, освещенных витрин и световой рекламы.

На фасад здания, со специальным освещением падает свет от светильников уличного освещения, от рекламных огней, витрин здания, находящегося напротив освещаемого, и т. д.

В осветительных установках городов необходимо определить рекомендуемые типы источников света и светильников, распределить их по площадям и улицам города, установить высоту их размещения относительно проезжей части улицы или площади, выбрать высоту и конструкцию опор. Необходимо выявить степень влияния освещенной витрины на освещенность тротуара и проезжей части улицы, а также фасада здания противоположной стороны улицы.

В комплексе с освещением улицы разрабатывают освещение фасадов зданий исторического или культурного назначения. После этого разрабатывают световые рекламу и информацию. Рекламное решение надо рассматривать в связи со всем световым решением города. Реклама и световая информация — одно из средств выразительности в решении общей задачи создания световой архитектуры. К рекламному и агитационно-информационному освещению относится и праздничное освещение города: крупномасштабные агитационные световые панно, содержащие не только надписи, но и сюжетные темы, выполненные с помощью стационарных средств рекламного освещения. Стационарные световые панно со сменяемой программой можно использовать для рекламного, информационного и праздничного освещения. Важно правильно выбрать место расположения световых панно, найти их масштаб. Поэтому при разработке информации и рекламы необходимо решить следующие проблемы: выбрать выразительные средства рекламы в зависимости от ее содержания, определить гармоническое сочетание цветов светящихся объектов, наблюдаемых на темном фоне.

При освещении садов, бульваров и скверов следует учитывать, что в районе зеленых насаждений обычно отсутствуют дополнительные световые потоки, обусловленные архитектурным, рекламным и витринным освещением.

В архитектурно-художественном аспекте сложный комплекс искусственного освещения представляет собой гармонически связанное художественное произведение, в котором архитектурное решение освещения улицы зависит не столько от уровней освещенности, сколько от гармонического сочетания и стилистического единства отдельных частей осветительной установки и степени уменьшения блескости в поле зрения.

§ 9.2. Освещение улиц, дорог и площадей

Проектирование наружного освещения городов следует выполнять в соответствии с СН541—82. (Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов).

В установках наружного освещения городов при средней яркости покрытия 0,4 кд/м² и выше и средней освещенности 4 лк и выше следует применять газоразрядные источники света — преимущественно лампы ДРЛ, МГЛ, НЛВД. В Москве и в других городах для освещения площадей используют ксеноновые лампы ДКсТ. Лампы накаливания применяют только в поселках или на городских улицах местного значения. Люминесцентные лампы используют редко, в основном в южных курортных небольших городах, так как эксплуатация их в средней и северной климатических зонах затруднительна.

Транспортные и пешеходные тоннели освещают газоразрядными источниками света, пешеходные тоннели преимущественно

люминесцентными лампами типа ЛБ. Освещение транспортных тоннелей рекомендуется выполнять закрытыми светильниками, имеющими струезащищенное исполнение. Для освещения улиц и дорог с нормированной яркостью 0,4 кд/м² и выше или средней освещенностью 4 лк применяют светильники, имеющие широкое или полуширокое светораспределение.

В таблице 9.1 указаны светильники, применяемые для уличного освещения.

Таблица 9.1

Тип светильника	Источник света, мощность, Вт	Светораспределение
Лампы ДРЛ		
РКУ-250	250	Широкое несимметричное
РКУ-400	400	» »
СКЗР-2×250	250	Широкое, несимметричное, осевое
СПОР-250	250	Симметричное полуширокое
СЗПР-250М (б)	250	Несимметричное боковое
СЗПР-250М (ц)	250	Несимметричное осевое
СППР-125М	125	Широкое симметричное
РСУ-250	250	Широкое несимметричное
Люминесцентные лампы		
СКЗЛ-2×40	40	Широкое несимметричное
СКЗЛ-2×80	80	» »
СКЗЛ-3×40	40	» »
СКЗЛ-3×40М	40	Широкое несимметричное осевое
СКЗЛ-3×80	80	» »
СКЗЛ-2×80М	80	Широкое несимметричное
СПЗЛ-3×40М	40	Широкое несимметричное осевое
СПЗЛ-2×80М	80	Широкое несимметричное
СПЗЛ-3×80М	80	» »
СПЗЛ-2×40	40	Широкое несимметричное осевое
СПЗЛ-3×40	40	» »

Освещение аллей, пешеходных и прогулочных дорожек выполняется обычно венчающими светильниками рассеянного или преимущественно прямого света. Широко распространены светильники типа СВР с лампами ДРЛ мощностью 125 и 250 Вт. Узкие проезды, тротуары и площадки, расположенные у зданий, освещаются светильниками, установленными на стенах зданий, при условии обеспечения удобного доступа к ним, например, типа РБУ с лампой типа ДРЛ мощностью 125 Вт.

Светильники для освещения улиц крепятся на специальных опорах, которые изготавливают из стали, алюминия, железобетона и дерева. В отечественной практике в основном применяются железобетонные опоры. Деревянные опоры применяют только в поселках, на небольших улицах. Совокупность опоры, кронштейнов

и светильников представляет собой фонарь уличного освещения (рис. 9.1, а—г).

Различают фонари венчающего и консольного типов, отличающиеся способом крепления светильников. Узкие улицы (шириной до 20 м) с периметральной застройкой целесообразно освещать приборами, подвешенными к тросам, а также прикрепленными к зданиям на кронштейнах. При свободной застройке жилых кварталов освещение монтируется на опорах.

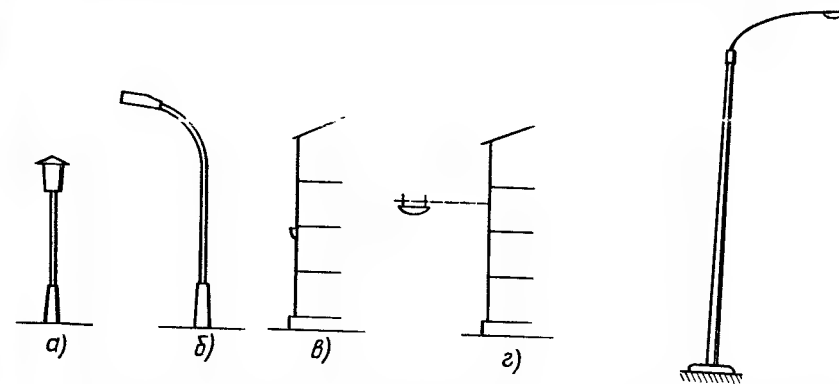


Рис. 9.1. Схемы установки уличных фонарей: а — венчающего; б — консольного; в — настенного; г — подвесного

Рис. 9.2. Уличный фонарь с железобетонной опорой и стальной консолью

Рис. 9.2 показывает более детальный вариант уличного фонаря. Он состоит из массивной железобетонной опоры, к которой приварена стальная консоль. На конце консоли закреплен светильник. Такая конструкция обеспечивает надежность и долговечность при эксплуатации.

Широко распространены фонари, опора которых изгибается под углом 15°, и эта изогнутая часть служит консолью для крепления светильника. Большинство современных консольных светильников рассчитано на установку с таким наклоном. В некоторых из них имеется изогнутый патрубок. Такие светильники должны устанавливаться на горизонтальных консолях. Не допускается устанавливать светильник под углом 30—40°. Типичный уличный фонарь с железобетонной опорой и стальной трубчатой консолью показан на рис. 9.2.

При установке светильников на тросовых растяжках часто возникает их вибрация, передающаяся зданиям, к которым они крепятся. Во избежание этого тросы следует крепить с помощью специальных амортизаторов. Типы опор наружного освещения должны применяться в соответствии с техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов. Рассмотрим основные требования к расположению опор, предъявляемые в СН541—82.

Расстояние от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности цоколя опоры должно быть не менее 0,6 м. Это расстояние внутри жилых кварталов допускается уменьшать до 0,3 м при отсутствии автобусного и троллейбусного движения, а также движения тяжелых грузовых машин. Опоры на пересечении улиц и дорог рекомендуется устанавливать до начала закругления тро-

туаров и не ближе 1,5 м от различного рода въездов, не нарушая единого строя линии установки опор. Расстояние между опорой и подземными коммуникациями принимается согласно требованиям СНиПа по планировке и застройке городов, поселков и сельских населенных пунктов; по наружным сетям и сооружениям; по электротехническим устройствам. Опоры для светильников на наружных инженерных сооружениях (мосты, путепроводы, эстакады, дамбы и т. д.) следует устанавливать в створе ограждений, стальных станинах или на фланцах, прикрепляемых к несущим элементам инженерного сооружения. Для мостов и дамб, чтобы обеспечить требуемый уровень освещения, устанавливают большее количество фонарей, которые часто по рисунку и масштабу не подходят к архитектуре моста. Сокращение их числа приводит к применению нерациональных технически многоламповых фонарей, не обеспечивающих достаточную равномерность освещения. Поэтому начали применять осветительные устройства, встроенные в ограждения мостов и других инженерных сооружений.

На улицах с трамвайным или троллейбусным движением светильники размещают на опорах контактной сети, на которых следует осуществлять подвес светильников с воздушной электрической сетью общего пользования.

Аллеи скверов и пешеходные дорожки не требуют интенсивного освещения, так как на них нет движения транспорта. Часто можно ограничиться освещением только главных аллей и проходов. Следует учитывать, что на бульвар обычно попадает свет от прилегающих улиц. Для садов и бульваров целесообразно применять фонари торшерного типа с венчающими светильниками, при этом опоры следует располагать вне пешеходной части дорожек (на газонах в ряду с деревьями, скамейками и т. д.).

Над проезжей частью улиц, дорог и площадей светильники должны устанавливаться на высоте не менее 6,5 м. Высота подвеса светильников при их расположении над контактной сетью трамвая должна быть 8 м от головки рельсов и при расположении над контактной сетью троллейбуса — 9 м от уровня проезжей части.

В осветительных установках для освещения мостов и путепроводов, при использовании светильников с защитным углом не менее 10° и исключения возможности доступа к лампам без специального инструмента высота их установки не ограничивается; в транспортных тоннелях при таком же защитном угле высота установки светильника должна быть не менее 4 м.

В пешеходных тоннелях рекомендуется использовать светильники с защитным углом 15° и более для люминесцентных ламп суммарной мощностью 80 Вт и ламп ДРЛ мощностью 125 Вт; допускается использование светильников с матированными и молочными рассеивателями без отражателей для ламп ДРЛ мощностью 125 Вт.

В СН541—82 предусмотрено несколько оптимальных схем размещения светильников на улице (рис. 9.3). В зависимости от ширины и категории улиц применяются различные схемы расположения светильников: односторонняя, двухрядная в шахматном по-

рядке, двухрядная прямоугольная, осевая, двухрядная прямоугольная по осям движения, двухрядная прямоугольная по оси улицы. Схемы 1—3 и 6 соответствуют случаям установки фонарей, а 4 и 5—подвеске светильников на тросах. На закруглениях улиц и дорог с радиусом кривых в плане по оси проезжей части 60—125 м фонари

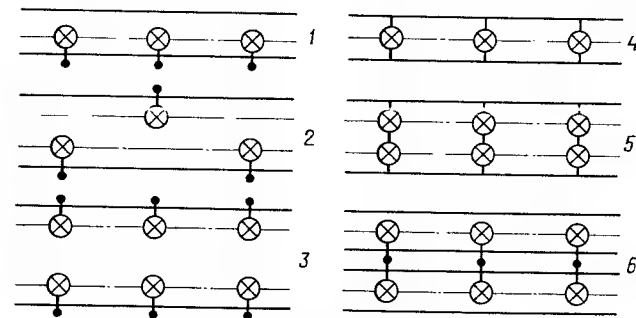


Рис. 9.3. Схема расположения фонарей в осветительных установках улиц и дорог:

1 — односторонняя; 2 — двухрядная в шахматном порядке; 3 — двухрядная прямоугольная; 4 — осевая; 5 — двухрядная прямоугольная по осям движения; 6 — двухрядная прямоугольная по оси улицы

при одностороннем расположении должны размещаться по внешней стороне улицы согласно рис. 9.4, а.

Освещение железнодорожных переездов и пешеходных переходов в одном уровне должно обеспечиваться светильниками, располагаемыми на схемах, соответствующим рис. 9.4, б, в.

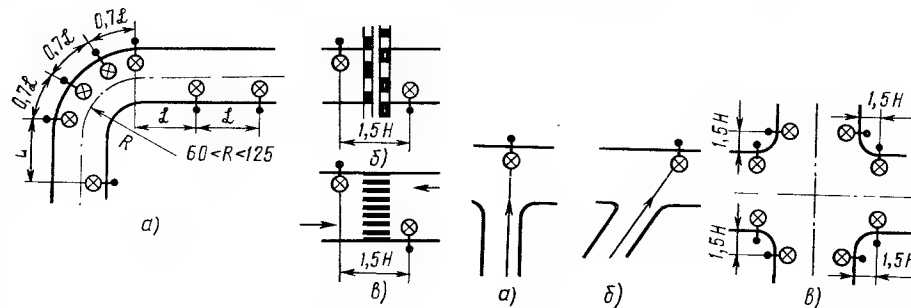


Рис. 9.4. Схема расположения светильников:

а — на закруглении; б — на железнодорожном переезде; в — на пешеходном переходе; L — шаг светильников; H — высота установки светильников; R — радиус кривизны в плане по оси дороги

Рис. 9.5. Схемы расположения светильников на пересечениях:

а, б — на примыканиях; в — на перекрестке; H — высота установки светильников

Освещение пересечений в одном уровне рекомендуется выполнять в соответствии со схемами, приведенными на рис. 9.5. Для освещения больших площадей, когда желательно сократить

число опор или полностью от них отказаться, применяются светильники с лампами ДКСТ большой единичной мощности (20 кВт), устанавливаемые на мачтах высотой 25 м. Для той же цели (освещения площадей) используются и прожекторы, размещаемые на крышах зданий. Основным недостатком прожекторного освещения является слепящее действие, оказываемое им на пешеходов, водителей, а также мешающее воспринимать архитектуру площади в вечернее время.

§ 9.3. Типовые решения освещения улиц и дорог

На основе СН541—82 ЦНИИЭП инженерного оборудования и АКХ им. К. Д. Памфилова были разработаны «Типовые решения освещения улиц и дорог», что позволило без трудоемких расчетов определять основные параметры осветительных установок улиц и дорог городов и населенных пунктов в зависимости от нормы яркости дорожного покрытия, распределения яркости и показатели ослепленности, а также оценивать и сравнивать различные осветительные установки при составлении технико-экономических обоснований архитектурно-планировочных и инженерных решений застройки.

Типовые решения содержат схемы расположения, тип светильников и источников света, рекомендуемую высоту их установки, шаг и число светильников (опор) на 1 км дороги, установленную мощность осветительной установки на 1 км дороги, на 1 м² освещаемой проезжей части дороги, а также установленную мощность, приведенную к 1 кд/м² нормируемой средней яркости или 1 лк/м² нормируемой средней освещенности, в зависимости от ширины проезжей части. Установленная мощность осветительной установки, отнесенная к 1 м² проезжей части и единице нормы освещения, позволяет выбрать наиболее рациональные по расходу электроэнергии светильники для создания нормы средней яркости или освещенности.

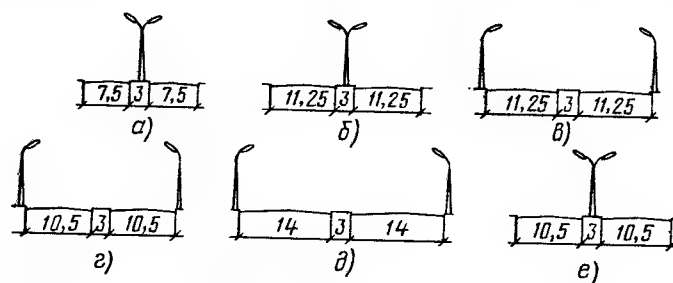


Рис. 9.6. Схема расположения светильников:
а, б, в — двухрядная прямоугольная по оси улицы; г, д, е — двухрядная по оси улицы

Окончательный выбор варианта освещения должен производиться по технико-экономической оценке с учетом стоимостных показателей по утвержденным (действующим) ценникам.

Типовые решения составлены для наиболее распространенной системы освещения, при которой светильники установлены на опорах или подвешены на тросе на высоте 6,5–15 м в соответствии со схемами расположения, показанными на рис. 9.3.

Таблица 9.2

Ширина проезжей части, м	Схема расположения светильников	Типы		Число светильников на опоре	Высота светильников, м	Шаг светильников, м	Число светильников на 1 км	Удельная мощность установки		
		Светильник	Источник света					Вт/км	Вт/м ²	Вт·м ⁻² кд·м ⁻²
7,5	Однорядная	СКЗР 2×	ДРЛ-250	1	9	28	36	19,45	2,59	1,62
7,5	»	РКУ-250	ДРЛ-250	2	9	28	36	19,45	2,59	1,62
7,5	»	РКУ-400	ДРЛ-400	1	9	24,5	41	17,4	2,32	1,45
11,25	Двухрядная	СКЗР-2×	ДРЛ-250	1	10	41	50	27	2,4	1,5
11,25	»	РКУ-250	ДРЛ-250	1	9	23	88	23,7	2,1	1,32
11,25	»	РКУ-400	ДРЛ-400	1	10	38,5	59	29,1	1,96	1,22
14	»	РКУ-400	ДРЛ-400	1	10	34	60	25,5	1,78	1,11
14	»	СКЗР-2×	ДРЛ-250	1	10	38	54	29,2	2,08	1,3
15	»	РКУ-400	ДРЛ-400	1	10	33	62	26,35	1,72	1,08
22,5	»	РКУ-400	ДРЛ-400	1	10	24	84	35,7	1,59	1
22,5	»	СКЗР-2×	ДРЛ-250	1	10	26	78	42,2	1,88	1,17
22,5	Двухрядная по оси улицы	СКЗР-2×	ДРЛ-250	2	11	34,5	58	31,3	2,09	1,31
22,5	»	РКУ-400	ДРЛ-400	2	11	31	66	28	1,87	1,17
22,5	»	СКЗР-2×	ДРЛ-250	2	12,5	24	84	45,3	2,01	1,26
22,5	»	РКУ-400	ДРЛ-400	2	12,5	23,5	86	36,55	1,61	1,01
27,5	Двухрядная	СКЗР-2×	ДРЛ-250	1	10	25	80	43,2	1,92	1,2
22,5	»	РКУ-400 и РКУ-250	ДРЛ-400 и ДРЛ-250	1	10	36	112	38,9	1,73	1,07

Выбор параметров осветительных установок в зависимости от ширины проезжей части, с учетом категории и планировки улиц, архитектурных требований и т. д. производится по таблицам, приведенным в «Типовых решениях освещения улиц и дорог», на основании технико-экономической оценки.

Варианты осветительных установок улиц и дорог рассчитаны для ширины дорожного покрытия, соответствующего требованиям СНиП II-60—75* «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов» для профилей улиц и дорог, показанных на рис. 9.6 с использованием выпускаемых отечественной промышленностью светильников. В табл. 9.2 приведены решения осветительных установок для

дорожного покрытия из гладкого и шероховатого асфальтобетона при нормируемой яркости $L_n = 1,6$ кд/м². Аналогичные таблицы построены и для других светильников и других нормируемых уровней яркости и освещенности, указанных в главе СНиПа; для дорожного покрытия из шероховатого асфальтобетона и многих других покрытий дорог, включая простейшие.

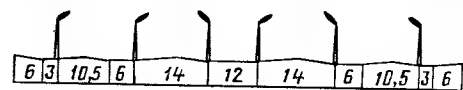


Рис. 9.7. Поперечный профиль магистральной улицы общегородского значения

Кроме того, «Типовые решения» содержат примеры освещения улиц различного профиля. Для профиля, показанного на рис. 9.7, приведены данные в табл. 9.3.

В расчетах осветительных установок приняты значения световых потоков, предусмотренные действующими ГОСТами на источники света. Высота установки и шаг светильников рассчитаны для каждого значения нормы с учетом равномерности распределения яркости ($L_{\max}/L_{\min}$) или освещенности ($E_{\max}/E_{\min}$) и огра-

Таблица 9.3

Элементы осветительной установки улицы	Проезжая часть при норме яркости L_n , кд/м ²					Требуемая при норме освещенности 4 лк
	магистральных проездов			местных проездов		
	1,6	1,2	0,8	0,4	0,4	
Схема расположения светильников	Двухрядная			Односторонняя		Норма обеспечивается во всех вариантах
Тип светильника	РКУ-400	РКУ-250	СКЗЛ-2×80	РКУ-250	СКЗЛ-3×40	
Тип источника света	ДРЛ-400	ДРЛ-250	ЛЛ 80 Вт	ДРЛ-250	ЛЛ 40 Вт	
Число светильников на опоре	1	1	1	1	1	
Высота светового центра светильника, м	10	8,5	10	10	8,5	
Шаг светильников, м	34	27	27	34	27	
Число светильников на 1 км	60	74	74	30	37	
Удельная мощность установки:						
кВт/км	25,5	19,98	14	8,56	5,73	
Вт/м ²	1,79	1,43	1	0,62	0,545	
Вт·м ⁻² /кд·м ⁻²	1,11	1,19	1,25	1,55	1,36	

ничения ослепленности. Установленная мощность осветительных установок с газоразрядными источниками света рассчитана с учетом потерь в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА).

В дополнение к «Типовым решениям освещения улиц и дорог» разработаны «Методические рекомендации по проектированию на-

ружных осветительных установок в районах Крайнего Севера». В этих Рекомендациях даны типовые решения осветительных установок улиц и дорог с учетом продолжительных неблагоприятных погодных условий (туманы, метели).

В «Указаниях по эксплуатации установок наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов» содержатся требования по поддержанию технически исправного состояния установок наружного освещения, при котором их количественные и качественные показатели соответствуют заданным нормируемым параметрам. В документ включены требования по централизованному включению и отключению наружного освещения (НО); рациональному использованию электроэнергии и средств, выделенных на содержание установок; обеспечению безопасности эксплуатационного персонала и населения; максимальной механизации обслуживания установок НО и повышения производительности труда эксплуатационно-ремонтного персонала.

§ 9.4. Управление наружным освещением

Система управления наружным освещением городов является централизованной телемеханической или дистанционной и включает освещение автоматически при снижении уровня естественной освещенности до 20 лк и отключает при повышении естественного освещения до 10 лк.

Переключение освещения пешеходных тоннелей с дневного режима на вечерний и ночной или с ночного на дневной должно производиться одновременно с включением и отключением наружного освещения.

Включение дневного режима освещения транспортных тоннелей регламентируется повышением естественной освещенности до 100 лк, перевод на вечерний и ночной режим осуществляется при снижении уровня естественной освещенности до 100 лк.

Централизованную систему управления сетями наружного освещения (телемеханическую или дистанционную) выбирают в зависимости от количества жителей в городе. При этом предусматривается: а) централизованное телемеханическое управление при числе жителей более 50 тыс.; б) централизованное телемеханическое или дистанционное управление при числе жителей от 20 до 50 тыс.; в) централизованное дистанционное управление при числе жителей до 20 тыс.

Управление наружным освещением городов осуществляется из одного центрального или центрального и нескольких районных диспетчерских пунктов. Районные диспетчерские пункты предусматриваются в крупнейших городах, территории которых разоблены естественными преградами (рельеф местности, лесные массивы и т. д.).

Между центральным и районными диспетчерскими пунктами обеспечивается прямая телефонная связь. В качестве дублирующей оперативной связи, а также для связи с оперативными автомаши-

нами предусматривается связь на УКВ (радиосвязь на ультракоротких волнах).

Управление наружным освещением микрорайонов осуществляется от системы управления наружным освещением всего населенного пункта. Управление наружным освещением территорий: детских яслей-садов, общеобразовательных школ, школ-интернатов, больниц, госпиталей и т. д. осуществляется от системы управления наружным освещением населенного пункта, в котором они расположены. При этом для установок наружного освещения с самостоятельным режимом работы должно быть местное отключение.

В системах централизованного телемеханического управления предусматривается двусторонний обмен информацией между диспетчерскими и исполнительными пунктами, достаточный для нормального функционирования установок наружного освещения. В системах централизованного телемеханического и дистанционного управления в сетях наружного освещения широко применяются каскадные схемы управления. В воздушно-кабельных сетях в один каскад допускается включать до 10 пунктов питания, а в кабельных — до 15. Сеть каскадного управления наружным освещением должна строиться таким образом, чтобы улицы, дороги и площади категорий А и Б входили в головной участок каскада или в участок, ближайший к головному.

Для централизованного управления освещением с диспетчерского пункта используются устройства телемеханического управления сетями наружного освещения типов ТОЛ, УТУ-1 и УТУ-IV, позволяющие включать и отключать наружное освещение в соответствии с графиком, а также отключать в ночное время часть светильников при снижении интенсивности движения транспорта и пешеходов.

Устройства управления обеспечивают индивидуальное и групповое управление головными пунктами питания каскадированной части сети наружного освещения, позволяют контролировать действие оборудования головного пункта питания (наличие напряжения на вводе, положение контактов и исправность предохранителей отходящих направлений) и каскадно включаемых участков сети наружного освещения, а также индивидуальную сигнализацию о возникновении аварийного режима в головном или каскадном пункте питания и осуществлять контроль за состоянием канала связи.

Устройство состоит из пульта управления, установленного в диспетчерском пункте и предназначенного для передачи приказов управления и воспроизведения сигналов, характеризующих состояние наружного освещения; из исполнительных пунктов, предназначенных для исполнения приказов управления и передачи сигналов состояния наружного освещения.

Число исполнительных пунктов, подключаемых к одному пульту управления, зависит от модификации устройства. В устройствах: УТУ-1 — 10 пунктов (модификация УТУ-1—10); в УТУ-IV 10, 20,

30, 50 пунктов (модификации УТУ-IV—10; УТУ-IV—20; УТУ-IV—30 и УТУ-IV—50).

Устройство ТОЛ состоит из диспетчерского пункта, рассчитанного на телемеханизацию до 192 каскадов сети наружного освещения исполнительных пунктов. В основу конструкции положен блочный принцип, что позволяет изготавливать устройства ТОЛ и вводить их в эксплуатацию поэтапно, комплектами по 24 исполнительных пункта.

В качестве каналов связи используются прямые провода, абонируемые у городской телефонной сети, или специально прокладываемые проводные линии связи, соединяющие диспетчерский пункт с исполнительным. При этом можно устанавливать прямую телефонную связь между диспетчером и персоналом.

§ 9.5. Освещение архитектурных объектов

В СНиП II-4—79 кроме норм освещения городов предусмотрены также и указания по архитектурному освещению объектов.

Архитектурное освещение предназначается для обеспечения выразительности объемно-планировочной и цветовой композиции ансамблей и отдельных объектов и подчеркивает их идейно-художественные, функциональные и пластические особенности и градостроительную значимость.

Объектами архитектурного освещения являются крупные и важные в композиционном отношении общественные здания и сооружения; системы общественных центров, включающие общегородской и специализированные центры планировочных и жилых районов, промышленных районов и зон отдыха; общественные центры местного значения (микрорайонные, поселковые), а также памятники архитектуры и культуры.

Свет позволяет лучше выявлять архитектурный образ здания, подчеркивать композицию ансамбля и отдельные наиболее интересные детали, при этом не нарушая общего облика здания и заложенной в нем идеи.

Архитектурное освещение главных площадей города следует осуществлять на основе предварительно разработанных и утвержденных в архитектурно-планировочном управлении проектов, учитывающих исторические, природные и архитектурные особенности.

Световая архитектура сохраняет архитектурно-пространственную композицию площади, акцентирует ее значение в архитектуре города, что обеспечивается соответствующим уровнем и распределением яркости на площади и окружающих ее зданиях.

Художественное качество световой панорамы города зависит от умения выделить светом его архитектурные ансамбли. Их сочетание со световой архитектурой инженерных и промышленных сооружений (мостов, башен, труб и т. д.), а также со световой графикой набережных, автомагистралей, транспортных развязок образует цветоцветовую композицию города.

Таблица 9.5

Материал облицовки или окраски фасада здания, памятника	Коэффициент отражения материала	Наименьшая средняя освещенность, лк, при яркости фона, кд/м², характерной для улиц и площадей					
		фасада здания			памятника		
		Категории					
		В — ме- нее 1	Б — 1 — 5	А — бо- лее 5	В — ме- нее 1	Б — 1 — 5	А — бо- лее 5
Белый	Более 0,6	20	30	50	30	50	75
Светлый	Св. 0,45 до 0,6	30	50	75	50	75	100
Средней светлоты	Св. 0,3 до 0,45	50	75	100	75	100	150
Темный	0,15 0,3	75	100	150	100	150	200
Черный	Менее 0,15	100	150	200	150	200	300

Примечания: 1. При расположении объекта освещения вне городской территории и наблюдении его на фоне неба или неосвещенной зелени расчетная яркость фона принимается менее 1 кд/м². 2. При расположении объекта освещения вблизи зданий с большими светящимися поверхностями (например, здания со значительными площадями остекления, через которые видны освещенные интерьеры) расчетную яркость фона следует принимать более 5 кд/м². 3. Освещенности, данные в таблице, допускаются увеличивать при освещении зданий и сооружений, обозреваемых с расстояния больше 1 км и помещений, обозреваемых с расстояния более 500 м, а также зданий с архитектурными деталями малых размеров, имеющими существенное значение для восприятия архитектуры зданий в целом. 4. Среднюю вертикальную освещенность памятников, расположенных вне городской территории или рассматриваемых на фоне зелени, неба, и т. д., допускается уменьшать вдвое по сравнению с величинами, приведенными в таблице.

световой акцент, например подчеркнуть какую-либо историческую деталь.

Лучший результат дает применение комбинированного способа освещения, когда равномерному освещению фасада сопутствует высвечивание отдельных деталей, что позволяет создавать нужный световой акцент и устранять нежелательные тени в лоджиях, портиках и других западающих частях сооружения.

Монументы и памятники, имеющие самостоятельное архитектурное значение и многосторонний обзор, освещают с нескольких сторон с четко выраженным основным направлением освещения, определяющим главную вертикальную плоскость. Остальные памятники, как правило, должны освещаться со стороны основного направления наблюдения. Среднюю освещенность памятников в главной вертикальной плоскости следует принимать по табл. 9.5. Освещенность в других плоскостях устанавливается в зависимости от требуемого художественного эффекта.

Выбор источников света и светофильтров (при цветном освещении) для осветительных приборов производится с учетом цветových и отражательных характеристик фасадов объектов и зеленых насаждений, а также цветопередачи лиц людей, находящихся в освещенной зоне.

Для объектов, имеющих «холодные» цветовые оттенки поверхностей, и зелени рекомендуется применять источники света с высокой цветовой температурой (лампы типов ДРЛ, МГЛ, люминесцентные — лампы ЛХБ и т. д.). Для объектов, окрашенных

По характеру световой архитектуры различают площади: а) со сплошной периметральной застройкой; их рекомендуется освещать заливающим светом с дополнительным локализованным, а также светом, проходящим через окна зданий; б) с выраженным главным архитектурным объектом (доминантой); в) в вечернее время свет выявляет архитектуру главного здания; г) не представляющие архитектурно-художественной ценности, но имеющие большое транспортное значение: в этом случае световой акцент переносится на архитектуру осветительных установок (опор, подвесов и т. д.), либо малых форм или рекламу, проектируемую как часть архитектуры площади. Проект архитектурного освещения улиц разрабатывают с учетом их общественного значения и особенностей общей планировочной структуры города.

Световую архитектуру города создают: подсвечиванием опорных общественных, административных и торговых зданий; светом, проходящим через остекление фасадов; подсвечиванием входов в общественные здания, отели, рестораны, жилые дома; светящимися малыми архитектурными формами и указателями, располагаемыми на перекрестках улиц; фонарями уличного освещения, образующими метрическое членение улицы по ее длине; витринами магазинов; светящимися призывами и рекламами.

Применяющиеся осветительные приборы (на опорах, подвесные, пристроенные и т. д.) обеспечивают нормируемые яркости или освещенности на проезжей или пешеходной зонах, а также на фасадах зданий.

Схема расположения опор, их ритм, высота, форма и спектральный состав излучаемого света должны удовлетворять не только функциональным, но и архитектурным требованиям.

Норма средней яркости фасадов зданий и сооружений определяется в зависимости от структуры, коэффициента отражения

Таблица 9.4

Расположение освещаемого объекта	Характер- ная яр- кость фо- на, кд/м ²	Сред- няя яр- кость освеща- емого фасада, кд/м ²
Улицы или площади категорий		
А	Более 5	10
Б	От 1 до 5	6
В	Менее 1	4
Парк, бульвар	Менее 1	4

котором отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать 3, а для смежных фасадов в зависимости от требуемого художественного эффекта — в пределах от 3 до 5.

Высвечивание отдельных элементов и деталей здания применяется в тех случаях, когда требуется создать специальный

в «теплые» цвета, а также зон с интенсивным пешеходным движением используют источники света с низкой цветовой температурой (лампы накаливания в том числе галогенные, люминесцентные типов ЛБ, НЛВД и др.).

Глава 10

ОСВЕЩЕНИЕ МЕСТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ВНЕ ЗДАНИЙ И СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 10.1. Область применения наружного освещения

Осветительные установки наружного освещения широко применяются для освещения строительных площадок при строительно-монтажных работах на объектах промышленного, гражданского, транспортного строительства, на карьерах по добыче полезных ископаемых открытым способом, на спортивных сооружениях.

В основу проектирования таких установок положены: для строительных площадок СН 81—80, для освещения карьеров СН 466—74, для освещения спортивных сооружений ВСН-1—73.

Эти осветительные установки объединяются общими требованиями к осветительным приборам, применяемым источникам света и их расположению относительно освещаемых объектов, требованиями к их эксплуатации и т. п.

Осветительные установки строительных площадок и открытых карьеров по добыче полезных ископаемых отличаются от всех остальных временным характером их использования: демонтируются или перемещаются с завершением выработки забоя или перемещением фронта работ.

Поэтому наряду со стационарными осветительными установками на карьерах и строительных площадках значительную долю составляют типовые передвижные инвентарные осветительные установки.

Наличие различных инвентарных осветительных устройств особенно важно для строительных площадок, карьеров и участков, где производятся взрывные и аварийно-восстановительные работы. Широко распространены портативные установки различных типов — от легких переносных треножников с двумя, тремя лампами малой мощности, снабженными отражателями, до тяжелых трайлеров с телескопическими мачтами высотой до 35 м, несущими несколько мощных прожекторов, а часто и с собственным генератором. Многие мачты монтируются на салазках или колесах и передвигаются на буксире трактором или автомашиной. При перемещении мачты ей поворотным устройством придается горизонтальное положение.

Переносные устройства для установки одного прожектора (рис. 10.1) применяются на строительных площадках при освещении ремонтных и аварийных работ в сетях различных коммуникаций строительной площадки или карьера. Дополнительное освещение на участке производства работ создается осветительны-

ми установками наружного освещения, которыми оборудованы строительные машины и механизмы.

В основу разработки осветительных установок стадионов положены требования, не только регламентирующие создание комфортных условий освещения спортсменам, судьям и зрителям при проведении соревнований в вечернее время, но и обеспечивающие высококачественные цветные телевизионные репортажи, что требует создания высоких уровней освещенности в различных плоскостях. В табл. 10.1 приведены основные положения требований, регламентирующие условия получения высококачественного телевизионного изображения.

§ 10.2. Выбор источников света и осветительных приборов для наружного освещения

Для освещения открытых пространств применяются лампы накаливания, преимущество которых отмечается простотой устройства, малой стоимостью, надежностью и удобством эксплуатации. Недостатком этих источников света является низкая световая отдача и сравнительно короткий срок службы. Применяемые для освещения строительных площадок мощные галогенные лампы накаливания (4, 10 и 20 кВт) имеют срок службы в два раза больше, чем лампы накаливания общего назначения, на 15—20% большую световую отдачу и значительно меньшее снижение световой отдачи в процессе эксплуатации.

Широко применяются газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ. Их отличает высокая экономичность — световая отдача составляет 50 лм/Вт.

Достоинством ксеноновых ламп, имеющих световую отдачу 30 лм/Вт, является их большая единичная мощность; для освещения больших наружных пространств используются лампы мощностью 10, 20 и 50 кВт, выпускаемые отечественной промышленностью. Нашей промышленностью осваивается производство ламп мощностью 100 кВт.

В ближайшие годы широкое распространение будут иметь

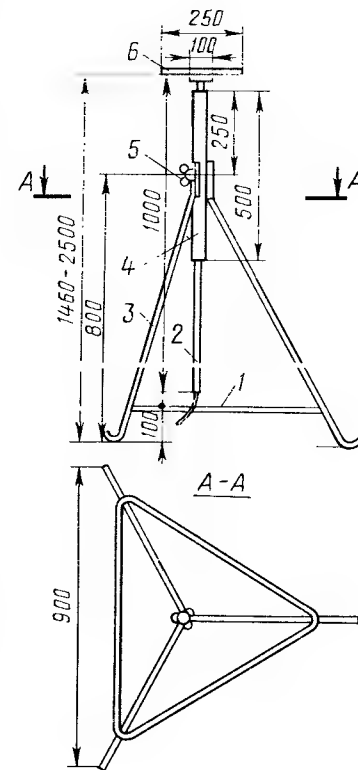


Рис. 10.1. Переносная опора для установки прожектора:
1 — распорка для ножек; 2 — подвижная стойка; 3 — ножка; 4 — опорная труба; 5 — стопорный винт; 6 — площадка для установки прожектора

Таблица 10.1

Параметры освещения	Количественное выражение
$E_{\text{верт тип}}$	1000 лк
$E_{\text{гор}} / E_{\text{верт}}$	Не более 2
$E_{\text{верт max}} / E_{\text{верт тип}}$	»
$E_{\text{гор max}} / E_{\text{гор тип}}$	»
Цветовая температура $T_{\text{цв}}$	6000 К
Индекс цветопередачи R_a	Не менее 75

Примечание: Вертикальные плоскости ориентированы параллельно продольной и поперечной осям спортарены.

газоразрядные лампы типа МГЛ, световая отдача которых достигает 100 лм/Вт и срок службы порядка 10 000 ч.

Натриевые лампы высокого давления имеют еще большую световую отдачу, достигающую 130 лм/Вт, и срок службы до 10 000 ч, что позволяет значительно снизить расход электроэнергии и капитальные затраты.

Основным недостатком газоразрядных ламп является необходимость использования пускорегулирующего аппарата (ПРА) для их включения в сеть. Такие устройства сложны в изготовлении и эксплуатации; недостатком этих ламп является наличие пульсации светового потока во времени, возникающей при питании ламп током промышленной частоты (50 Гц), что отрицательно влияет на условия работы зрения.

В основу выбора источников света для освещения строительных площадок, карьеров по добыче полезных ископаемых и других мест работы вне зданий положена возможность обеспечения эффективных условий для работы зрения с целью повышения производительности труда, качества выполняемой работы, снижения брака продукции и т. д.

Все большее внимание уделяется экономической оценке освещения с учетом не только абсолютной стоимости самой осветительной установки, но и зрительной эффективности освещения.

На рис. 10.2, 10.3, 10.4 приведены графики зависимости экономических показателей осветительной установки (удельной мощности, капитальных затрат, эксплуатационных расходов) от ширины площадки для различных типов источников света. Согласно графику рис. 10.2 наименьший расход электроэнергии, наименьшая удельная установленная мощность P_y в зависимости от ширины площадки (a) наблюдается при использовании ламп МГЛ-700,

КГ-20 000, ДРЛ-700 и ламп накаливания; наибольшая — при ксеноновых лампах. Такое соотношение в расходе электроэнергии объясняется светотехническими характеристиками источников света и прожекторов, а также уровнем расчетной освещенности. На основании этих исследований можно установить рекомендации по использо-

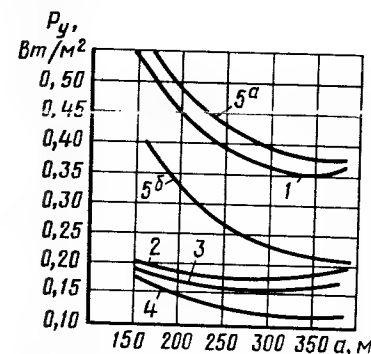


Рис. 10.2. Зависимость удельной мощности осветительной установки от типа применяемых источников света и ширины освещаемой площадки a ($E = 2$ лк.):

1 — лампы накаливания; 2 — лампы ДРЛ; 3 — лампы накаливания галогенные (КГ); 4 — лампы МГЛ; 5а — лампы ДКСТ-20 000 при высоте установки $H = 30$ м; 5б — лампы ДКСТ-20 000 при высоте установки $H = 50$ м

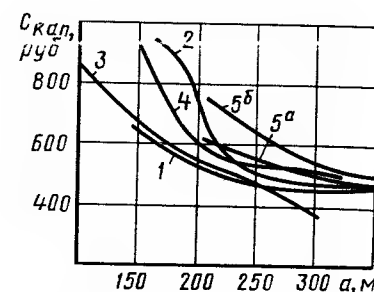


Рис. 10.3. Зависимость капитальных затрат от ширины освещаемой площадки a для разных источников света ($E = 2$ лк.):

1 — лампы накаливания; 2 — лампы ДРЛ; 3 — лампы КГ; 4 — лампы МГЛ; 5а — лампы ДКСТ-10 000 ($H = 30$ м); 5б — лампы ДКСТ-10 000 ($H = 50$ м)

ванию источников света для общего равномерного освещения в зависимости от ширины освещаемой площадки. Светильники с лампами накаливания — при ширине строительной площадки до 20 м; осветительные приборы с лампами типа ДРЛ — до 150 м; прожекторы с лампами накаливания и МГЛ — от 150 до 300 м; осветительные приборы с ксеноновыми лампами с коэффициентами усиления силы света не менее 10 — при ширине площадки свыше 300 м с установкой их на высоте 50 и более метров.

Снижение капитальных затрат по мере увеличения ширины площадки (см. рис. 10.3) объясняется более эффективным использованием дорогостоящих прожекторных мачт. Эксплуатационные расходы (см. рис. 10.4) и приведенные затраты $(0,12C_k + C_{\text{эк}})$, имеющие такой же ход кривых, подтверждают разработанные рекомендации.

Для освещения открытых пространств применяются прожекторы или светильники прожекторного типа с различными источниками света: ПЗС, ПСМ, ПФС для ламп накаливания общего назначения; ПКН, ИТЖ, ИСУ для галогенных ламп накаливания; ПЗП, ПЗС-45, ПСМ-50 для ламп ДРЛ; ППП, ППЦ для ламп МГЛ; осветительные устройства типа ККУО2; СКсН; ОУКсН и ОУКсНФ для ксеноновых ламп.

Прожекторы характеризуются следующими светотехническими показателями, необходимыми при проведении расчетов: кривой силы света, углами рассеяния, коэффициентом усиления и к.п.д. Основной характеристикой прожектора является кривая силы света, представляющая собой радиусы-векторы, числовое значение которых равно силе света в данном направлении, а начало ее расположено в световом центре источника света.

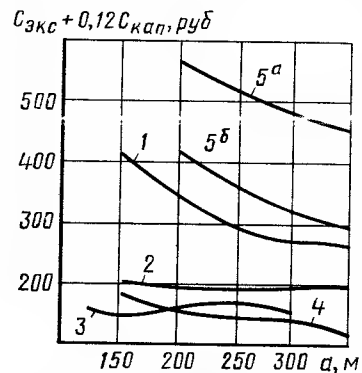


Рис. 10.4. Зависимость приведенных затрат осветительной установки $C_{\text{эк}} + 0,12C_{\text{кап}}$ от ширины освещаемой площадки a ($E = 0,5$ лк) для разных источников света:

1 — лампы накаливания; 2 — лампы ДРЛ; 3 — лампы (КГ); 4 — лампы ДРИ; 5а — лампы ДКСТ-20 000 при высоте установки $H = 30$ м; 5б — лампы ДКСТ-20 000 при высоте установки $H = 50$ м

разными углами β_r и β_v . Световое тело прожектора представляет собой конус, в вершине которого расположено тело накала источника света. Сила света в этом пучке максимальна в направлении оптической оси прожектора. Границы пучка обычно расплывчатые.

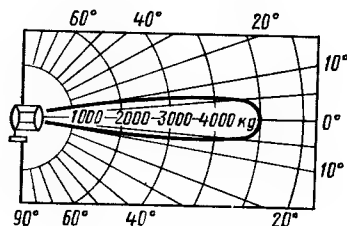


Рис. 10.5. Кривая силы света прожектора в полярной системе координат

Способы изображения кривых силы света могут быть разные. На рис. 10.6 кривая силы света изображена в полярной системе координат. Однако для прожекторов, световой поток которых распределяется в пределах небольшого телесного угла, удобнее пользоваться кривой света в прямоугольной системе координат (рис. 10.6).

При этом за ось ординат принимается направление оптической оси прожектора, а по оси абсцисс откладываются значения углов в горизонтальной β_r или вертикальной β_v плоскости. Для светильников, имеющих несимметричное распределение светового потока, используется семейство кривых сил света (рис. 10.7), представляющих собой изображение сил света при сечении светового тела прожектора под

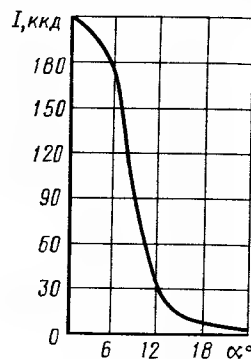


Рис. 10.6. Кривая силы света прожектора в прямоугольной системе координат

Угол рассеяния характеризуется двумя параметрами: номинальным и полезным углами рассеяния.

Угловую ширину светового пучка прожектора, в пределах которой сила света снижается до 0,1 максимальной силы света, называют номинальным углом рассеяния, а угловую ширину, в пределах которой обеспечивается необходимая освещенность для заданных условий применения прожектора — полезным углом рассеяния. Концентрируя в узком пучке световой поток прожектора, получают меньший угол рассеяния и за счет этого большую максимальную силу света, позволяющую создавать необходимые освещенности на удаленных расстояниях от источника света.

Отношение максимальной силы света прожектора к средней сферической силе света источника света, установленного в прожекторе, называется усилением прожектора (k_p). Отношение светового потока, излучаемого в пределах полезного угла рассеяния, ко всему световому потоку источника света (лампы) называют коэффициентом полезного действия η прожектора.

Для улучшения условий видимости и ограничения слепящего действия внутри некоторых прожекторов устанавливаются жалюзийные решетки.

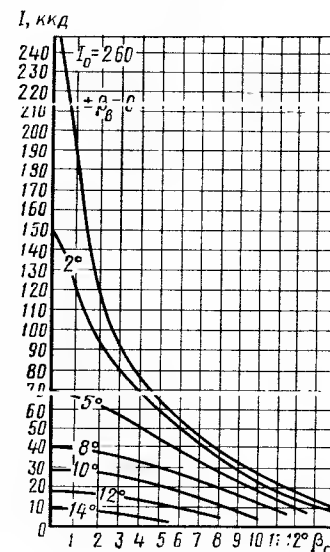


Рис. 10.7. Семейство кривых силы света прожектора в разных плоскостях

§ 10.3. Прожекторные мачты

Для установки прожекторов и светильников прожекторного типа применяются мачты высотой от 10 до 50 м, изготовленные из дерева, металла, железобетона.

Прожекторные мачты по способу установки разделяются на стационарно устанавливаемые и передвижные. Первые применяются для освещения территорий предприятий, открытых спортивных сооружений, а также устанавливаются по периметру карьера или строительной площадки. Вторые применяются для кратковременных осветительных установок и их рекомендуется использовать как сборно-разборные мачты многократного применения, составные части которых должны быть транспортабельными. На типовой мачте высотой 45 м (рис. 10.8) предусмотрена установка прожекторов как с лампами накаливания, так и с другими источниками света, например, ксеноновыми. Ствол мачты изготовлен в виде решетчатой пространственной фермы с основанием, имеющим квадратную пирамидальную форму с нижним основанием квадрата

2,6×2,6 и верхним 4×4 м. Мачты собираются из секций высотой 6,8 м и заканчиваются площадкой для установки прожекторов (40 штук в два ряда). Фундаменты для мачт изготавливают из отдельных железобетонных блоков массой от 5 до 15 т, размеры которых определяются в зависимости от грунта и высоты мачты.

Подводка питания к прожекторным мачтам осуществляется кабелем или по воздуху.

Внизу мачты на металлических конструкциях устанавливаются вводные ящики с трехполюсными или однополюсными автоматами и расцепителями, а при использовании кабеля — кабельные ящики, в которых производится сухая разделка кабелей. На каждый автомат подключается не более пяти прожекторов.

Заземление мачты производится присоединением нулевого провода, ее металлических частей и устанавливаемой аппаратуры, находящихся в обычных условиях без напряжения, к самостоятельному заземляющему контуру с максимально допустимым сопротивлением не более 10 Ом.

При разработке металлоконструкций мачт учитываются ветровые нагрузки, имеющие различное значение в зависимости от района их использования, при этом определяющим является скорость ветра.

Для создания на освещаемой территории высокой освещенности (100 лк и более), например, на стадионах, к каждой мачте приходится большое количество прожекторов. В этих случаях ствол мачты выполняется из угловой стали, а внутри предусмотрена лестница, позволяющая обслуживать осветительную установку. Конструкция желез-

бетонных мачт разработана на основе применения для ствола мачт типовых центрифугированных опор контактной сети железнодорожного транспорта и опор линий электропередачи. Ствол мачты запроектирован из центрифугированной конической опоры контактной сети длиной 13,6 м. Прожекторная площадка крепится с помощью металлического наголовника; хомутами из полосовой стали к стволу прикрепляется лестница и ее ограждение (рис. 10.9). Деревянная мачта высотой 15 м (рис. 10.10) выполнена из трех бревен; одно высотой 11 м и два по 8,5 м. Она предусмотрена для

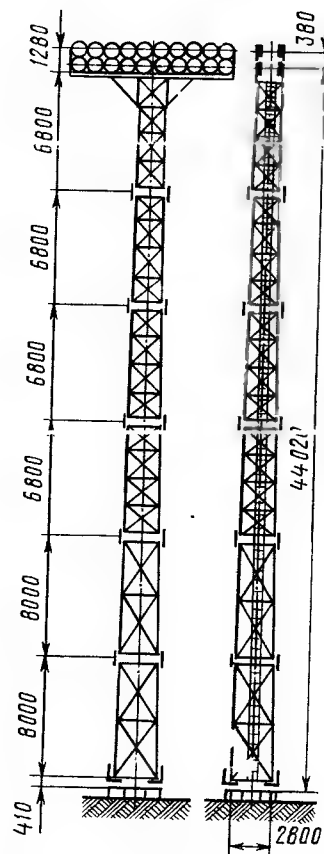


Рис. 10.8. Прожекторная мачта высотой 45 м

Рис. 10.9. Железобетонная прожекторная мачта с лестницей для обслуживания

установки шести прожекторов. Ее конструкция проста, и она может быть изготовлена на любом объекте.

Прожекторные мачты (высотой 50 м и более) для безопасности полетов самолетов и вертолетов должны иметь светоограждение. При расположении таких мачт вблизи аэродромов минимальная высота расположения светооградительных огней определяется территориальными управлениями ГВФ или командованием ВВС данного района.

Прожекторные мачты должны иметь светооградительные огни в верхней точке и ниже до высоты, которая не является препятствием для полетов самолетов и вертолетов. Мачты высотой 50 м, расположенные вне зоны аэропорта, должны иметь светооградительные огни только на своей верхней площадке. Прожекторные мачты меньшей высоты сигнальными огнями не отмечаются. Для светооградительных огней со всех сторон устанавливаются четыре светильника с лампами мощностью 100 Вт и более с колпаком красного цвета (длина волны $\lambda = 610$ нм, насыщенность 95%). Обычно это светильники типа РН-100 с красным колпаком, имеющие водонепроницаемое исполнение или специально предназначенные для светозаграждения типа ЗОЛ--2М с колпаком из красного стекла и лампой СГ-7, 130 Вт 220 В. Светильники светоограждения имеют самостоятельное питание, начиная от вводного щита, и самостоятельное управление, независимое от управления питанием прожекторов. Заградительные огни включаются после захода и выключаются после восхода солнца и работают в дневное время при плохой видимости: туман, снегопад и т. д.

§ 10.4. Проектирование установок прожекторного освещения

Расчет осветительной установки сводится к определению: числа прожекторов, необходимых

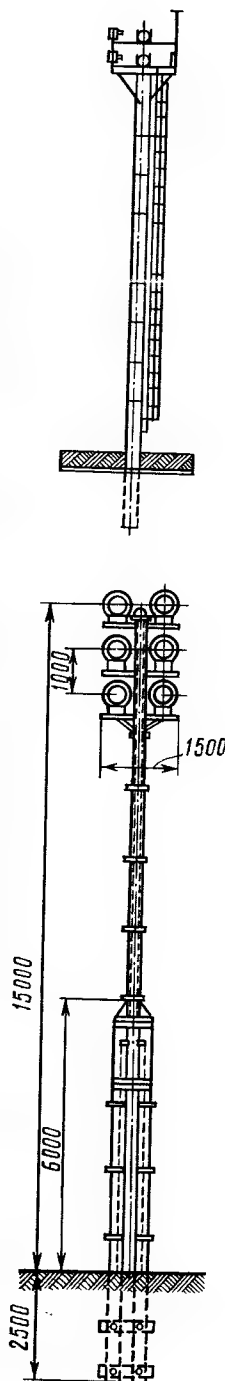


Рис. 10.10. Деревянная прожекторная мачта высотой 15 м

для создания на освещаемой поверхности нормируемой освещенности; мест установки прожекторных мачт и прожекторов; высоты установки прожекторов над освещаемой поверхностью; углов наклона и поворота прожекторов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Для ориентировочных расчетов можно пользоваться методом светового потока или удельной мощности. Коэффициент запаса при расчете прожекторных установок наружного освещения (при сроке очистки проборов два раза в год) принимается равным 1,5 при лампах накаливания, 1,7 при газоразрядных источниках света.

Как правило, расчет прожекторного освещения производится для нормируемой освещенности в горизонтальной плоскости. Рассчитывают вертикальную нормируемую освещенность редко, в основном при расчете освещенности стадионов, фасадов зданий, охранного освещения и т. д. При установке прожекторов с углом наклона θ (рис. 10.11) у подножия

Рис. 10.11. Схема установки прожектора:
А — расчетная точка

мачты создается неосвещенная (темная) зона. Она тем больше, чем меньше угол θ . Это объясняется тем, что корпус прожектора экранирует нить лампы и часть отражателя в пределах угла 45° — 50° по направлению оптической оси прожектора. Протяженность неосвещенной зоны на расстоянии от основания мачты — l определяется по формуле

$$l = H \operatorname{tg} (45^\circ - \theta),$$

где H — высота установки прожектора; θ — угол между горизонтальной и осевой силой прожектора, град.

Практически в «темную» зону попадает часть рассеянного светового потока, поэтому, если у подножия мачты и вблизи ее нет рабочих мест, требующих повышенной освещенности, не нужно дополнительное освещение.

При определении мест расположения прожекторов, углов их наклона и поворота в горизонтальной плоскости следует учитывать наиболее вероятное направление линии зрения работающих и принимать меры, исключающие ослепляющее действие осветительной установки.

Для ограничения слепящего действия минимально допустимая высота установки прожекторов и осветительных приборов прожекторного типа в зависимости от принятых уровней освещенности не должна превышать значений, указанных в табл. 10.2. На окончательный выбор высоты установки прожекторов влияет также и наличие высоких объектов, на которые можно установить прожекторы, условия тенеобразования, а также необходи-

Типы		Максимальная сила, кд	Минимально допустимая высота установки прожекторов м, при нормируемой освещенности, лк							
прожектора	лампы		0,5	1	2	3	5	10	30	50
ПСМ-50-1	Г220-1000	120	35	28	22	20	17	13	7	6
	ДРЛ-700	52	23	19	14	13	11	8	5	4
	ДРЛ-400	19,5	14	11	9	8	7	5	3	3
ПСМ-50-2	ПЖ220-1000	640	-	65	50	45	40	30	17	13
ПСМ-40-1	Г220-500	70	25	21	17	15	13	10	5	4
ПСМ-40-2	ПЖ220-500	280	50	43	33	30	25	20	11	9
ПСМ-30-1	Г220-200	33	18	15	11	10	9	7	4	3
ПЗР-400	ДРЛ-400	19	14	11	8	8	7	5	3	3
ПЗР-250	ДРЛ-250	11	10	8	6	6	5	4	3	3
ПЗС-45	Г220-1000	130	35	29	22	20	18	13	7	6
	ДРЛ-700	30	17	14	11	10	8	6	4	3
	ДРЛ-400	14	12	10	7	7	5	4	3	3
	МГЛ-700	600	-	65	50	45	40	30	16	13
ПЗМ-35	Г220-500	50	22	18	14	13	11	8	5	4
ПЗМ-25	Г220-200	16	13	10	8	7	6	5	3	3
ПЗМ-35	Г220-500	40	20	16	12	11	10	7	4	4
ПЗМ-25	Г220-200	10	10	8	6	6	5	4	3	3
ПКН-1500-1	КГ220-1500	90	30	25	20	17	15	11	6	5
ПКН-1500-2	КГ220-1500	45	20	17	13	12	10	8	5	4
ПКН-1000-1	КГ220-1000-5	52	23	19	14	13	11	8	5	4
ПКН-1000-2	КГ220-1000-5	30	17	14	11	10	8	6	4	3
ИСУ02×5000/КО302	КГ220-5000-1	200	45	35	28	25	22	17	10	8
	КГ220-2000-4	71	26	22	17	15	13	10	6	5

мые соотношения между вертикальной и горизонтальной освещенностями. При увеличении высоты установки прожекторов возрастает стоимость прожекторных мачт.

Угол наклона прожектора (θ) оказывает влияние на освещенность, форму и размеры светового пятна, создаваемого прожектором.

В зависимости от соотношения угла θ и углов рассеяния в вертикальной плоскости световое пятно имеет разную форму (рис. 10.12). Коэффициент использования будет наибольшим

при $\theta > \beta_v$, так как весь световой поток прожектора попадает на освещаемую поверхность. Однако не всегда выполнение этого требования создает оптимальные осветительные условия. При освещении удаленных объектов, а также для создания освещенности в вертикальной плоскости преимущество несомненно остается за малыми углами наклона $\theta \leq \beta_v$.

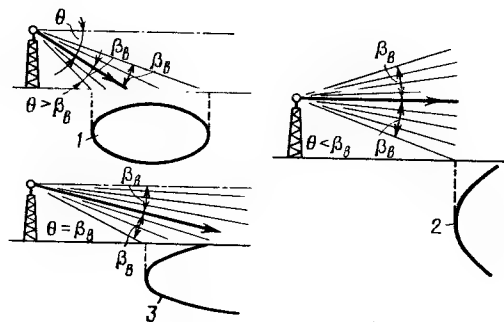


Рис. 10.12. Изменение формы светового пятна в зависимости от соотношения угла наклона прожектора θ и углов рассеяния в вертикальной плоскости β_v :

1 — эллипс; 2 — гипербола; 3 — парабола

При изменении угла наклона θ изменяется площадь, ограниченная кривой равной освещенности (изолюксов), и расположение светового пятна относительно мачты прожектора (рис. 10.13): с уменьшением угла наклона световое пятно удаляется от прожекторной мачты и приобретает эллиптическую форму. Как видно из рис. 10.13, площадь светового пятна сначала увеличивается до определенного предела, а затем начинает уменьшаться. Угол θ , при котором световое пятно с заданной освещенностью имеет максимальную площадь, называется **наиболее выгодным**. Наиболее выгодное значение угла наклона θ при заданной горизонтальной освещенности E_r , равной средней освещенности площади E_{cp} ($E_{cp} = E_r$) можно определить по формулам Р. А. Сапожникова

$$\theta = \arcsin 0,01 \sqrt{m + n(eH^2)^{2/3}}, \quad (10.1)$$

при освещении вертикальных поверхностей

$$\theta = \arctg \sqrt{\frac{I_0}{eH^2}}, \quad (10.2)$$

где e — освещенность (для данной изолюксы), лк; H — высота установки прожектора над освещаемой поверхностью, м; I_0 — осевая сила света, кд; m, n — постоянные, определяемые в зависимости от углов рассеяния прожектора в горизонтальной и верти-

кальной плоскостях (β_r и β_v) и светового потока прожектора Φ в пределах расчетного угла рассеяния, лм:

$$m = \sin^2 \beta_v; \quad (10.3)$$

$$n = \left(\frac{\pi \sin 2\beta_v \operatorname{tg} \beta_r}{2\Phi} \right)^{2/3}. \quad (10.4)$$

По предложению Г. М. Кнорринга, наиболее выгодный угол наклона прожектора следует определять по максимальному значению произведения eg , где g — площадь, ограниченная кривой равной освещенности.

Предложения Р. А. Сапожникова и Г. М. Кнорринга справедливы при использовании одиночных прожекторов и не могут быть рекомендованы при групповом расположении прожекторов.

Решающее влияние на выбор угла наклона прожекторов оказывают: возможная высота установки прожекторов и расстояние от прожекторной мачты до освещаемого участка.

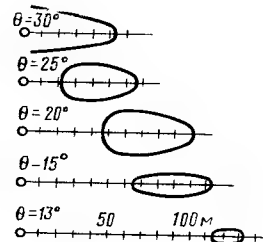


Рис. 10.13. Форма и размер светового пятна в зависимости от угла наклона прожектора θ

Светотехнические характеристики светильников с лампами ДРЛ
(отнесены к потоку ламп 1000 лм)

Угол α, град	Сила света, кд, светильников типа					
	УПД ДРЛ	РСП05/К03; С35 ДРЛ	РСП08/Г03; РСП08/Г53	РСП05/Г03; С34 ДРЛ	РСП08/Л00; РСП08/Л5'0;	РСП05/Д03; СД2Р1С; РСП08/Д03; РСП08/Д5'3; СД2 ДРЛ
0	284	1050	470	630	147	290
5	280	980	465	625	147	290
15	277	830	465	570	140	285
25	258	530	430	475	152	265
35	228	215	330	320	188	235
45	181	80	195	150	201	185
55	106	38	80	45	162	118
65	56	8	15	8	85	60
75	26		5		5	20
85	6				5	5
90	2				5	
95	4				5	
105	4				20	
115	4				30	
125	5				38	
135	5				42	
145	5				34	
155	4				18	
165	4				7	
175	3	—	—	—	2	—
180	3	—	—	—	—	—
К. п. д., %	72	80	80	80	80	72

Примечание: Защитный угол 15°

Технические данные ламп накаливания общего назначения (по ГОСТ 2239—79)

Тип ламп*	Расчетное напряже- ние, В	Номинальные значения		Диаметр колбы D, мм	Длина лампы L, мм	Высота светового центра мм
		мощность, Вт	световой поток, лм			
Б 215-225-200	220	200	2 920	81	166,5	128
Г 215-225-200						
Г 220-230-200	225					
Г 230-240-200	235		2 890			
Г 125-135-300	130	300	4 900	111	240	178
Г 125-135-300-1						
Г 215-225-300	220		4 610			
Г 215-225-300-1						
Г 220-230-300	225	500		151	309	225
Г 220-230-300-1						
Г 125-135-500	130		8 700			
Г 215-225-500	220		8 360			
Г 220-230-500	225	750				
Г 230-240-500	235		8 225			
Г 215-225-750	220	225	13 100	151	309	225
Г 220-230-750	225					

Таблица для определения индекса помещения

Форма помещения		Расчетная							
A/B	1 1,5	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2
	1,5 2,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3
	2,5- 3,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
S, м ²	4	5	6	7,2	8,5	9,7	11,2	12,7	
	5,6	6,9	8,3	10	11,8	13,5	15,6	17,7	
	7,5	9,2	11,1	13,2	15,6	18	20,7	23,5	
	9,5	11,8	14,3	17	20,1	23,2	26,7	30	
	11,9	14,8	17,8	21,2	25	29	33	37,7	
	14,6	17,6	22	26	30	35,2	40	46	
	18	23	27	33	37	44	51	58	
	25	31	37	45	52	61	70	80	
	35	43	52	62	73	85	97	110	
	47	57	69	83	97	112	130	147	
	60	73	89	107	125	144	168	189	
	75	92	111	134	156	180	209	236	
	101	124	150	180	210	244	280	317	
	133	172	206	250	295	340	390	440	
	185	230	275	330	390	450	520	580	
	270	330	400	480	560	650	750	850	
	390	480	580	700	820	950	1070	1240	

Приложение 3
Таблица П.3.1

Высота h, м										i индекс помещения
3,4	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,5	6	6,5	
3,2	3,4	3,7	4	4,3	4,6	4,9	5,2	5,7	6,2	
3	3,2	3,4	3,7	4	4,2	4,5	4,8	5,3	5,7	
14,4	16,2	19	22	25	29	32,5	37	45	52	0,5
20	22,6	26,4	30,5	35	40	45	52	62	73	0,6
26,5	30	35	40	46,5	53	60	70	83	87	0,7
34	38,5	45	52	60	68	76	90	106	125	0,8
42	48	56	65	75	85	96	111	132	156	0,9
52	58	68	80	91	104	117	136	162	191	1,0
65	73	86	100	114	130	147	170	203	240	1,1
89	101	118	137	157	180	203	233	280	330	1,25
123	142	165	191	219	251	282	327	390	460	1,5
165	188	220	253	291	333	351	433	515	610	1,75
213	241	280	325	375	426	480	555	660	780	2,0
266	301	350	407	460	533	600	700	800	980	2,25
360	406	470	545	630	720	810	930	1120	1320	2,5
500	569	660	760	870	1000	1180	1300	1560	1840	3,0
660	750	830	1010	1160	1380	1500	1750	2070	2450	3,5
960	1090	1270	1470	1700	1920	2180	2550	3000	3580	4,0
1400	1580	1850	2130	2450	2800	3150	3650	4400	5100	5,0

Коэффициенты использования светового потока.
Светильники с люминесцентными лампами

Тип светильника	ПВЛМ-Д, ЛД, ЛСП06 (05), ЛСП02 (04, 05, 06, 34—36)					ЛСП002 (01, 02, 03)					ЛП002 (01-четырёхлам- повые) ЛВ031 (02), ЛВ001 (двух- и четырёх- ламповые)				
$\Phi_{\text{исп}}, \%$ $\Phi_{\text{св}}, \%$ $\Phi_{\text{пол}}, \%$	70 50 30	70 50 30	50 30 10	30 10 0	0	70 50 30	70 50 30	50 30 10	30 10 0	0	70 50 30	70 50 30	50 30 10	30 10 0	0
i	Коэффициенты														
0,5	28	27	21	18	16	19	19	14	11	8	19	18	15	13	8
0,6	33	32	25	22	20	23	22	18	15	10	22	21	19	16	12
0,7	38	36	30	26	24	26	25	21	18	11	25	24	22	19	14
0,8	42	39	33	29	28	29	27	23	20	13	27	26	24	21	16
0,9	46	42	37	32	31	32	30	25	22	14	30	28	27	23	18
1	49	45	40	35	34	34	32	27	24	15	32	30	28	25	20
1,1	52	48	42	38	36	36	34	28	26	16	34	31	30	27	22
1,2	55	50	45	40	39	44	40	36	33	17	36	33	32	29	23
1,5	60	54	49	45	44	42	38	32	30	19	39	36	34	32	26
1,75	63	57	52	48	47	45	41	34	32	20	42	38	36	34	28
2	65	59	55	51	49	47	42	36	34	21	43	39	38	35	30
2,25	68	62	57	53	52	49	44	37	35	22	45	41	39	37	31
2,5	70	63	58	55	54	50	45	39	36	23	47	42	40	38	33
3	73	65	61	58	56	53	47	40	38	24	49	44	42	40	34
3,5	75	67	62	60	58	54	48	41	39	24	50	45	43	41	36
4	77	68	64	61	59	56	49	42	40	25	51	46	44	42	37
5	80	70	67	65	62	59	51	44	42	26	54	47	45	44	39
$\Phi_{\text{св}}, \%$			74						31					47	
$\Phi_{\text{пол}}, \%$			0						34					5	

Удельная мощность общего равномерного освещения. Светильники УПМ-15,
«Астра — 1, 11, 12»
(учтены значения $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$; $\rho_p = 10\%$; $k = 1,3$; $z = 1,15$)

Высота h , м	Площадь S , м ²	Удельная мощность, Вт/м ² , при освещенности, лк, равной						
		5	10	20	30	50	75	100
2—3	10—15	2,5	4,5	8	11,3	18,4	26,4	33,6
	15—25	2,1	3,7	6,5	9,3	14,5	21	26,7
	25—50	1,8	3,2	5,6	7,7	12,5	17,8	22,5
	50—150	1,5	2,7	4,7	6,5	10,6	15	19,4
	150—300	1,3	2,3	4,1	5,6	9,4	13,3	17
	300	1,2	2,1	3,8	5,2	8,7	12,4	15,5
3—4	10—15	3,6	6,1	12,3	16,4	25	35,8	45,8
	15—25	2,9	4,9	9,1	12,9	21,4	28,7	38,8
	20—30	2,4	4	7,3	10,6	17,4	23,2	31
	30—50	1,9	3,3	5,8	8,5	13,4	18,8	24
	50—120	1,6	2,8	4,8	7,3	11,3	15,6	19,9
	120—300	1,3	2,3	4,1	6,1	9,5	13	16,7
4—6	300	1,1	1,9	3,6	5,3	8,2	11	14,6
	10—17	5	9,3	20,4	25,5	32,8	50	66,6
	17—25	3,7	7,1	14,6	19,3	26,9	41,6	55,5
	25—35	2,7	5,1	9,7	13,1	20,4	31,7	42,3
	35—50	2,2	3,8	7,5	10,4	16,2	24,2	32,2
	50—80	1,8	3,1	5,9	8,4	12,9	19	25,3
4—6	80—150	1,5	2,6	5	7	10,6	15,6	20,8
	150—400	1,2	2,2	4,2	5,9	9	13,4	17,8
	400	1	1,8	3,4	4,9	7,4	10,9	14,5

Группа проводов	Провода с резиновой и пластмассовой изоляцией						Кабели и защищенные и пластмассовой		
характерная марка	АПР-АПРТО-АПРВ-АПВ						АВРГ-АНРГ-АВВГ-АВРГ АНРБГ-АВВБГ-АПРФ		
Способ прокладки	открыто	в стальных трубах					в воздухе		
Сечение, мм ²	I_d , А	I_d , А, при числе проводов равном					I_d , А, при		
	—	2	3	4	5—6	7—9	2	3	4
2,5	24	20	19	19	15	14	21	19	17
4	32	28	28	23	22	21	29	27	24
6	39	36	32	30	26	24	38	32	29
10	60	50	47	39	38	35	55	42	38
16	75	60	60	55	48	45	70	60	54
25	105	85	80	70	65	60	90	75	68
35	130	100	95	85	75	70	105	90	81
50	165	140	130	120	105	95	135	110	100
70	210	175	165	140	130	125	165	140	126
95	255	215	200	175	—	—	200	170	153
120	295	245	220	200	—	—	230	200	190
150	340	275	255	—	—	—	270	235	212
185	390	—	—	—	—	—	310	270	243

с алюминиевыми жилами при окружающей температуре воздуха 25 и земли 15°C

провода с резиновой изоляцией	Кабели с бумажной пропитанной изоляцией		Голые провода
АВВБ-АНРБ-АВВБ	ААГ-АСГ-ААБГ-АСБГ	ААБ-АСБ	А
в земле	в воздухе	в земле	открыто вне помещений

числе жил (одножильных проводов), равном в помещениях

2	3	4	2	3	4	2	3	4	
34	29	26	23	22	—	35	31	—	—
42	38	35	31	29	27	46	42	38	—
55	46	42	42	35	35	60	55	46	—
80	70	63	55	46	45	80	75	65	—
105	90	81	75	60	60	110	90	90	105/75
135	115	104	100	80	75	140	125	115	135/105
160	140	126	115	95	95	175	145	135	170/130
205	175	158	140	120	110	210	180	165	215/165
245	210	190	175	155	140	250	220	200	265/210
295	255	230	210	190	165	290	260	240	320/255
340	295	266	245	220	200	335	300	270	375/300
390	335	302	290	255	230	385	335	305	440/355
440	385	347	—	290	260	—	380	345	500/410

ЛИТЕРАТУРА

1. Мешков В. В. Основы светотехники.— М.: Энергия, 1979.
2. Мешков В. В., Епанешников М. М. Осветительные установки.— М.: Энергия, 1972.
3. Волоцкой Н. В. Светотехника.— М.: Стройиздат, 1979.
4. Кнорринг Г. М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения.— Л.: Энергия, 1973.
5. Кнорринг Г. М., Оболенцев Ю. Б., Берим Р. И., Крючков В. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения.— Л.: Энергия, 1976.
6. Гусев Н. М. Основы строительной физики.— М.: Стройиздат, 1975.
7. Дадиомов М. С. Прожекторное освещение.— Л.: Энергия, 1978.
8. Волоцкой Н. В., Кнорринг Г. М., Рябов М. С., Шайкевич А. С. Электрическое освещение производственных и гражданских зданий. Под ред. Г. М. Кнорринга.— М.— Л.: Энергия, 1964.
9. Ключев С. А. Освещение производственных помещений.— М.: Энергия, 1979.
10. Гуторов М. М. Основы светотехники и источники света.— М.: Энергоатомиздат, 1983.
11. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы.— М.: Энергия, 1980.
12. Скобелев В. М., Афанасьева Е. И. Источники света и пускорегулирующая аппаратура.— М.: Энергия, 1973.
13. СНиП II-4—79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1980.
14. СН 357—77. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.— М.: Стройиздат, 1977.
15. СН 543—82. Инструкция по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства.— Светотехника, 1982, № 7, с. 2—17.
16. СН 81—80. Инструкция по проектированию электрического освещения строительных площадок.— М.: Стройиздат, 1980.
17. Правила устройства электроустановок (ПУЭ—76). Раздел VI Электрическое освещение.— М.: Атомиздат, 1977.
18. СН 541—82. Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов.— М.: Стройиздат, 1982.
19. Руководство по разработке отраслевых норм освещения.— М.: Стройиздат, 1977.
20. Типовые решения освещения улиц и дорог.— М.: Стройиздат, 1976.
21. Указания по эксплуатации установок наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов.— М.: Стройиздат, 1978.
22. ГОСТ 17677—82. Светильники. Общие технические условия.— М.: Госстандарт, 1982.
23. ГОСТ 8607—82. Светильники для жилых и общественных зданий. Общие технические условия.— М.: Госстандарт, 1982.
24. ГОСТ 8045—82. Светильники для наружного освещения. Общие технические условия.— М.: Госстандарт, 1982.
25. ГОСТ 1227020—76. Электрооборудование взрывозащитное. Термины и определения. Классификация. Маркировка.— М.: Госстандарт, 1982.
26. ГОСТ 15597—82. Светильники для производственных помещений. Общие технические условия.— М.: Госстандарт, 1982.
27. СНиП II-69—78. Лечебно-профилактические учреждения. Нормы проектирования.— М.: Стройиздат, 1978.
28. Кроль Ц. И., Мамсурова Е. И. Определение слепящего действия осветительных установок в производственных помещениях.— Светотехника, 1979, № 11, с. 1—6.

29. Перова Н. С., Ундасынов Г. Н., Федюкина Г. В. Оценка слепящего действия осветительных установок общественных зданий по дискомфорту.— Светотехника, 1979, № 11, с. 6—7.

30. Тищенко Г. А. Нормирование освещения с учетом производительности труда. Труды НИИСФ, Строительная светотехника. Вып. 13, 1975, с. 17—24.

31. Гусев Н. М., Тищенко Г. А., Кочнев О. П. Искусственное освещение в цехах предприятий промышленности строительных материалов.— Промышленное строительство, 1973, № 1, с. 20—22.

32. Серебрякова Л. В., Тищенко Г. А. Производительность труда и условия освещения.— Светотехника, 1974, № 1, с. 13—15.

33. Тищенко Г. А., Котлярова Н. И. Предложения к нормированию освещения в школах Крайнего Севера. Труды НИИСФ. вып. 20, 1978, с. 43—49.

34. Лазарев Д. Н. Оздоровительное облучение в системе общего освещения помещений.— Светотехника, 1974, № 1, с. 8—11.

35. СН 102—76. Инструкция по устройству сетей заземления в электроустановках.— М.: Стройиздат, 1979.

36. СН 202—76. Инструкция по разработке проектов и смет для промышленного строительства.— М.: Стройиздат, 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
<i>Глава 1. Условия видимости объектов</i>	5
§ 1.1. Глаз и его работа	5
§ 1.2. Контрастная чувствительность зрения	8
§ 1.3. Разрешающая способность глаза	10
§ 1.4. Скорость зрительного восприятия	11
§ 1.5. Устойчивость ясного видения и адиспаропия	12
§ 1.6. Видимость объектов	13
§ 1.7. Видимость объектов в условиях неравномерного распределения яркости	14
§ 1.8. Влияние блескости на зрительные функции	16
§ 1.9. Постоянство освещенности во времени	18
§ 1.10. Влияние освещения на производительность труда	18
<i>Глава 2. Нормирование освещения</i>	21
§ 2.1. Выбор параметров нормирования	22
§ 2.2. Классификация осветительных установок и основные требования к ним	23
§ 2.3. Общие положения	25
§ 2.4. Естественное и совмещенное освещение	32
§ 2.5. Искусственное освещение зданий, площадок предприятий и мест производства работ вне зданий	38
§ 2.6. Наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов	49
§ 2.7. Отраслевое нормирование освещения	54
<i>Глава 3. Светотехнический расчет осветительных установок</i>	68
§ 3.1. Общие положения	68
§ 3.2. Расчет прямой составляющей освещенности от точечных излучателей с симметричным светораспределением	71
§ 3.3. Расчет прямой составляющей освещенности от точечных излучателей с несимметричным светораспределением	77
§ 3.4. Расчет прямой составляющей освещенности от светящихся линий	82
§ 3.5. Расчет освещенности от светящихся поверхностей равномерной яркости	88
§ 3.6. Расчет освещенности с учетом многократных отражений	91
§ 3.7. Выбор метода расчета	97
§ 3.8. Пульсация излучения	99
§ 3.9. Показатель ослепленности	103
§ 3.10. Инженерные методы расчета показателя дискомфорта	107
§ 3.11. Цилиндрическая освещенность	111
<i>Глава 4. Расчет электрических осветительных сетей</i>	113
§ 4.1. Общие положения	113
§ 4.2. Расчет сетей по потере напряжения	114
§ 4.3. Расчет электрических осветительных сетей на минимум проводникового материала	123
§ 4.4. Расчет сети по току нагрузки	125
§ 4.5. Наименьшие сечения проводов, допускаемые по условиям механической прочности	126
<i>Глава 5. Светотехническая часть проекта осветительных установок</i>	128
§ 5.1. Объем и содержание проектов освещения	128
§ 5.2. Рабочие чертежи и технико-экономические проекты	130
§ 5.3. Выбор варианта осветительной установки по экономическим показателям	139

§ 5.4. Выбор источников света	144
§ 5.5. Выбор системы освещения	147
§ 5.6. Выбор освещенности, коэффициента запаса и типа светильника	149
§ 5.7. Размещение осветительных приборов	155
§ 5.8. Эксплуатация осветительных установок	158
<i>Глава 6. Проектирование электрической осветительной сети</i>	162
§ 6.1. Выбор напряжения и источников питания	162
§ 6.2. Схемы питания	164
§ 6.3. Групповые осветительные сети	167
§ 6.4. Защита осветительных сетей и выбор аппаратов защиты	171
§ 6.5. Управление освещением	175
<i>Глава 7. Освещение производственных помещений промышленных зданий</i>	182
§ 7.1. Общие требования	182
§ 7.2. Надежность работы установок в условиях окружающей среды	183
§ 7.3. Требования к освещению взрывоопасных и пожароопасных помещений	184
§ 7.4. Установки искусственного ультрафиолетового облучения	185
§ 7.5. Электрическая безопасность в осветительных установках	188
<i>Глава 8. Освещение общественных зданий</i>	194
§ 8.1. Общие требования	194
§ 8.2. Архитектурно-художественное освещение, выполненное световыми карнизами и потолками	198
§ 8.3. Освещение лечебных учреждений	203
§ 8.4. Освещение школ	205
§ 8.5. Освещение проектных и административных зданий	207
§ 8.6. Освещение магазинов	209
<i>Глава 9. Наружное освещение городов</i>	210
§ 9.1. Единство светового облика города	210
§ 9.2. Освещение улиц, дорог и площадей	211
§ 9.3. Типовые решения освещения улиц и дорог	216
§ 9.4. Управление наружным освещением	219
§ 9.5. Освещение архитектурных объектов	221
<i>Глава 10. Освещение мест производства работ вне зданий и спортивных сооружений</i>	224
§ 10.1. Область применения наружного освещения	224
§ 10.2. Выбор источников света и осветительных приборов для наружного освещения	225
§ 10.3. Проекторные мачты	229
§ 10.4. Проектирование установок проекторного освещения	231
Приложения	236
Литература	244